

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

LUCAS EMANUEL ODPPEs

**ESTUDO DA APLICAÇÃO DA FERRAMENTA *KITTING* – UM
ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
(Tcc 2 – Nº36)

CURITIBA

2015

LUCAS EMANUEL ODPPEs

**ESTUDO DA APLICAÇÃO DA FERRAMENTA *KITTING* – UM
ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA**

Proposta de Projeto de Pesquisa apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2 do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para aprovação na disciplina.

Orientador: Prof. MSc. Adriano Araújo de Lima

CURITIBA

2015

TERMO DE APROVAÇÃO

Por meio deste termo, aprovamos a monografia do Projeto de Pesquisa “Estudo da Aplicação da ferramenta *Kitting* – um estudo de caso na indústria automotiva”, realizada pelo aluno Lucas Emanuel Odppes, como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso – Tcc2, do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Prof. MSc. Adriano Araújo de Lima
Damec, UTFPR
Orientador

Prof. MSc. João Carlos Roso
Damec, UTFPR
Avaliador

Prof. MSc. Edmar Hinckel
Damec, UTFPR
Avaliador

Curitiba, 15 de julho de 2015.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná, seu corpo docente, direção e administração que formam essa instituição de excelência, a qual me sinto honrado de levar o nome em meu currículo.

Ao meu orientador Adriano Araújo de Lima, pelo tempo pacientemente despendido, pelas suas correções, incentivos e confiança.

Aos professores de toda minha formação escolar e acadêmica que, em meio a todas as descobertas, inspiraram-me e fizeram com que o conhecimento não perdesse o seu brilho

À minha família e minha futura esposa, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

Aos amigos colegas de classe, com certeza futuros excelentes profissionais.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

RESUMO

ODPPES, Lucas E. Estudo da aplicação da ferramenta *Kitting* – Um estudo de caso na indústria automotiva. 2015. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Engenharia Mecânica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

Atualmente há um crescente interesse da indústria pela filosofia da produção enxuta, resultando em aumento de competitividade através de redução de custos e desperdícios. Porém, existe uma tendência à customização, pois isso agrega valor ao produto, o que causa uma grande diversificação na linha de montagem. Em uma operação de linha de montagem sincronizada e em ritmo acelerado, é crucial que as peças corretas estejam sendo fornecidas no momento certo e no lugar certo. O trabalho abordará um estudo de caso da indústria automotiva. Nesta pesquisa, o caso a ser estudado é de uma fábrica de motores, onde a necessidade de redução de custos motivou a busca por meios de montagem mais eficientes, o que levou a implementação “piloto” da ferramenta *Kitting* na linha. Foi realizado um estudo detalhado da ferramenta *Kitting* em ordem de mostrar: os benefícios e desafios da sua aplicação dentro da indústria automotiva, usando a revisão da literatura e um estudo de caso; uma lista de ferramentas *Lean* que auxiliam o *kitting*; um modelo macro de implementação; e sugerir futuras melhorias. A ferramenta *Kitting*, fundamentada na teoria *Just in Time*, mostrou-se promissora em proporcionar um ambiente enxuto na linha de produção por evitar os desperdícios. Porém, também alerta-se à necessidade de fazer um avaliação quanto aos requisitos e limitações da ferramenta para levantar a viabilidade da aplicação da ferramenta.

Palavras-chave: Produção Enxuta. *Kitting*. *Just in Time*. Borda de Linha. *Kanban*.

RESUMO

ODPPES, Lucas E. Study of the application of Kitting tool - A case study in the automotive industry. 2015. 64 f. Monograph (Final project) - Mechanical Engineering Course. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

Currently there is a growing interest in industry for philosophy of lean manufacture, resulting in increased competitiveness by reducing costs and waste. However, there is a trend toward customization, as this adds value to the product, which causes a great diversification in the assembly line. In a synchronized assembly line with operations at a fast pace, it is crucial that the correct parts are being supplied at the right time and the right place. The work will address a case study in the automotive industry. In this research, the case study is an engine plant, where the need for cost reduction motivated the search for more efficient assembly means, which led to a "pilot" implementation of Kitting tool in the line. It was conducted a detailed study of Kitting tool in order to show: benefits and challenges of its application within the automotive industry, using the literature review and a case study; a list of Lean tools that help the kitting; a macro implementation model; and suggest further improvements. The Kitting tool, based on the Just in Time theory, has shown promise in providing a lean environment on the production line to avoid waste. However, also alerts to the need to make analysis as to the requirements and limitations of the tool to raise the feasibility of applying the kitting tool.

Key-words: Lean manufacture. Kitting. Just in Time. Line-side storage. Kanban.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Os 7 tipos de desperdícios.....	11
Figura 2 – Fluxo contínuo x Tradicional	13
Figura 3 – Comparativo dos sistemas de produção.....	14
Figura 4 – A redução do nível de estoque (água) permite que a gerência (navio) veja os problemas (pedras) e procure reduzi-los.	15
Figura 5 – Esquema <i>Kitting</i>	16
Figura 6 - Fluxo sistema tradicional	17
Figura 7 - Fluxo Sistema SPS	18
Figura 8 – Fluxo de decisão	19
Figura 9 - <i>Kitting</i> com armazenamento centralizado picking.....	24
Figura 10 - <i>Kitting</i> em áreas descentralizadas	25
Figura 11 - kits estacionários.	26
Figura 12 - Kits “viajantes”.	27
Figura 13 – Uma grande área de Picking.....	29
Figura 14 - Zoneamento progressivo.	30
Figura 15 - Zoneamento sincronizado.....	31
Figura 16 - Projeção de custos	34
Figura 17 - Layout antigo da linha de montagem.....	37
Figura 18 – Novo layout linha de montagem.....	38
Figura 19: Transportador AGV com carrinho contendo 08 kits.....	39
Figura 20 – Trajeto AGV's	40
Figura 21 - Entrada e saída kits do <i>picking</i>	42
Figura 22 – Caixas kit's trechos 01 e 02.	43

Figura 23 - Kit's trecho 01 e 02	43
Figura 24: Diversidades no <i>picking</i>	44
Figura 25 – Posicionamento das bases rolantes de abastecimento no <i>Picking</i>	45
Figura 26: Esteira de entrada Kit 01 e 02 – Trecho 03.	46
Figura 27: Esteira de entrada Kit 01 e 02 – Trecho 01 e 02	46
Figura 28 – Esteira de entrada Kit 01 e 02.....	47
Figura 29: Esteira de SAÍDA Kit 01 e 02 – Trecho 01 e 02.....	48
Figura 30: Esteira de SAÍDA Kit 01 e 02 – Trecho 03 e 04.....	48
Figura 31: Painéis do <i>Picking 1 e 2</i>	50
Figura 32: Posição da folha OF.....	51
Figura 33 - Posicionamento dos carrinhos conforme diversidade.	52
Figura 34 - Posição de saída dos carrinhos.....	52
Figura 35 - <i>Pallet</i> com suporte e caixa do <i>kit</i>	53
Figura 36 – Gráfico: Cadência Média/Hora x Mês.	55
Figura 37 – Layout antigo.....	56
Figura 38 – Layout atual.....	56
Figura 39 - Ocupação anterior ao <i>Kitting</i>	57
Figura 40 – Ocupação posterior ao <i>Kitting</i>	57

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.1	Contexto do Tema	8
1.2	Oportunidade	9
1.3	Objetivos	9
1.3.1	Objetivo Geral	9
1.3.2	Objetivo Específico	9
1.4	Justificativa	10
2	Fundamentação Teórica	11
2.1	Produção Enxuta	11
2.2	<i>Just in Time</i> (JIT)	13
2.3	<i>Kanban</i>	15
3	<i>Kitting</i>	16
3.1	Benefícios do <i>Kitting</i>	20
3.2	Limitações do <i>Kitting</i>	21
3.3	Onde aplicar o <i>kitting</i> ?	23
3.4	O que colocar no kit?	25
3.5	Quem monta os kits?	27
3.6	Como montar o kit?	28
4	Estudo de caso	34
4.1	Motivação ao <i>Kitting</i>	34
4.2	Requisitos para implementação	35
4.3	Configuração da linha	36
4.3.1	Abastecimento da linha	39
4.3.2	Montagem dos kit's	41
4.3.3	Posição e estado das peças	42
4.3.4	Fluxo de abastecimento	44
4.3.5	Detecção, anti-erro, poka-yoke	49
4.3.6	Funcionamento do fluxo de informações	50
4.3.7	Funcionamento do <i>Picking/Kitting</i>	50
4.4	Indicadores	54
5	Resultados e Discussão	55
5.1	Resultado dos indicadores	55
5.1.1	Cadência de produção	55
5.1.2	Custo relativo de produção	55
5.1.3	Layout – taxa de ocupação	56
5.1.4	Nível de retrabalho	58
5.1.5	Satisfação da equipe	58
5.1.6	Deslocamento do operador	58
5.2	Dificuldades na implantação	59
5.3	Futuras melhorias	60
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
	REFERÊNCIAS	62

1 INTRODUÇÃO

A nova dinâmica competitiva que se consolida no século XXI é uma característica notável que apresenta crescente importância econômica nas atividades comerciais e industriais. Essa nova abordagem requer dentre muitas práticas a consolidação de estratégias administrativas e gerenciais distintas para se adequar os diversos sistemas às exigências de mercado (CORRÊA, 1996).

Visando o seu crescimento frente à concorrência e o atendimento as necessidades dos clientes com qualidade e agilidade, a indústria automotiva busca alternativas e novas estratégias para melhorar e atualizar suas tecnologias e seu processo produtivo.

No caso de uma fábrica de motores, o desenvolvimento de projetos diversificados conforme o veículo, torna necessário além do aumento da capacidade produtiva, aumentar a agilidade e qualidade das operações.

Este trabalho mostra, através de revisão da literatura e de um estudo de caso, as vantagens e limitações encontrados na aplicação da ferramenta *Kitting*¹. O estudo de caso foi feito em uma linha de montagem de motores automotivos, onde já havia sido aplicada a ferramenta com o intuito de melhorar o fluxo deste processo permitindo redução de custos, tempo de operação e deslocamentos.

1.1 Contexto do Tema

Atualmente há um crescente interesse da indústria pela filosofia da produção enxuta, resultando em aumento de competitividade através de redução de custos e desperdícios. Porém existe uma tendência à personalização, pois isso agrega valor ao produto, o que causa uma grande diversificação na linha de montagem (CORRÊA, 1996). Em uma operação de linha de montagem sincronizada e em ritmo acelerado, é crucial que as peças corretas estejam sendo fornecidas no momento certo e no lugar certo. Na indústria automotiva, a necessidade de tratamento de material e dos processos de entrega eficientes é particularmente grande, parte por

¹ **Kitting**: uma combinação de vários números de peças únicas agrupadas em um recipiente separado e apresentados

causa da extensa personalização do produto e parte devido a falta de espaço para estocar todas as peças necessárias na linha de montagem. A filosofia *Just in Time* (JIT) dispõem de diversas ferramentas para alcançar tal objetivo.

Nesta pesquisa, o caso estudado foi de uma fábrica de motores, onde a necessidade de redução de custos motivou a busca por meios de montagem mais eficientes o que levou a implementação “piloto” da ferramenta *Kitting* na linha. Este trabalho mostra um estudo detalhado da ferramenta *kitting* em ordem de listar os benefícios e desafios da sua aplicação dentro da indústria automotiva.

1.2 Oportunidade

Observando a linha de montagem de motores, após a mudança de estoque em borda de linha² para *Kitting*, surgiu a necessidade de respaldar as vantagens e quando possível mensurar os ganhos, assim como também levantar os passos, obstáculos e desafios no uso da ferramenta *Kitting*. Na busca dentro da literatura acadêmica de produção enxuta existe vasto conteúdo com relação à redução de custos, porém sentiu-se uma carência de dados e informações com relação às aplicações da ferramenta *Kitting*.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

- Verificar as vantagens e dificuldades do uso da ferramenta *Kitting*.

1.3.2 Objetivo Específico

- Listar as ferramentas da filosofia de Produção Enxuta (*Lean*) que dão o suporte para o uso da ferramenta *Kitting*;
- Levantar os principais passos e decisões, de um ponto de vista macro, para a aplicação da ferramenta *Kitting*, um modelo que auxilie no caso de uma nova implementação;

² **Borda de Linha:** região próxima à linha de produção, onde fica o estoque que abastece diretamente a linha de produção (estoque da borda de linha de produção)

- Levantar as vantagens e dificuldades do uso da ferramenta *Kitting*;
- Sugerir futuras melhorias para a linha de montagem atual.

1.4 Justificativa

A engenharia mecânica esta diretamente ligada com a indústria automotiva e suas linhas de produção. Como engenheiros devemos buscar a melhoria continua, visando sempre aperfeiçoar processos, buscando a melhor qualidade com o menor custo.

Evitar desperdícios (eg. tempo, espaço e materiais) resulta em maior competitividade, redução de custos e até mesmo sustentabilidade de um processo. O uso de ferramentas da produção enxuta são muito importantes para se atingir tal objetivo. Dentre estas a ferramenta *Kitting*, quando possível a sua implementação, mostra-se uma boa opção para se reduzir desperdícios. Esta pesquisa ajuda o melhor entendimento da ferramenta *Kitting* e suas aplicações. Também auxilia na implementação da ferramenta em outras linhas de produção.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Em ordem de prover uma fundamentação teórica para o projeto de pesquisa, serão abordados aqui assuntos e informações relevantes para o entendimento: da Produção Enxuta, do *Just in Time*, do *Kanban* e por fim da ferramenta *Kitting*.

2.1 Produção Enxuta

A produção enxuta (*Lean Manufacturing*) está baseada no Sistema Toyota de Produção e tem como principal objetivo eliminar todos os tipos de desperdícios. Também visa o engajamento dos funcionários na produção e a melhoria contínua (SHINGO, 1996).

A base do *Lean* está na eliminação de desperdícios sob o ponto de vista do cliente final. Ou seja, atividades que consomem os recursos, mas não agregam valor ao produto (CLETO, 2008). A Toyota identificou 7 tipos de desperdícios (Figura 1) que formam a base da filosofia enxuta.

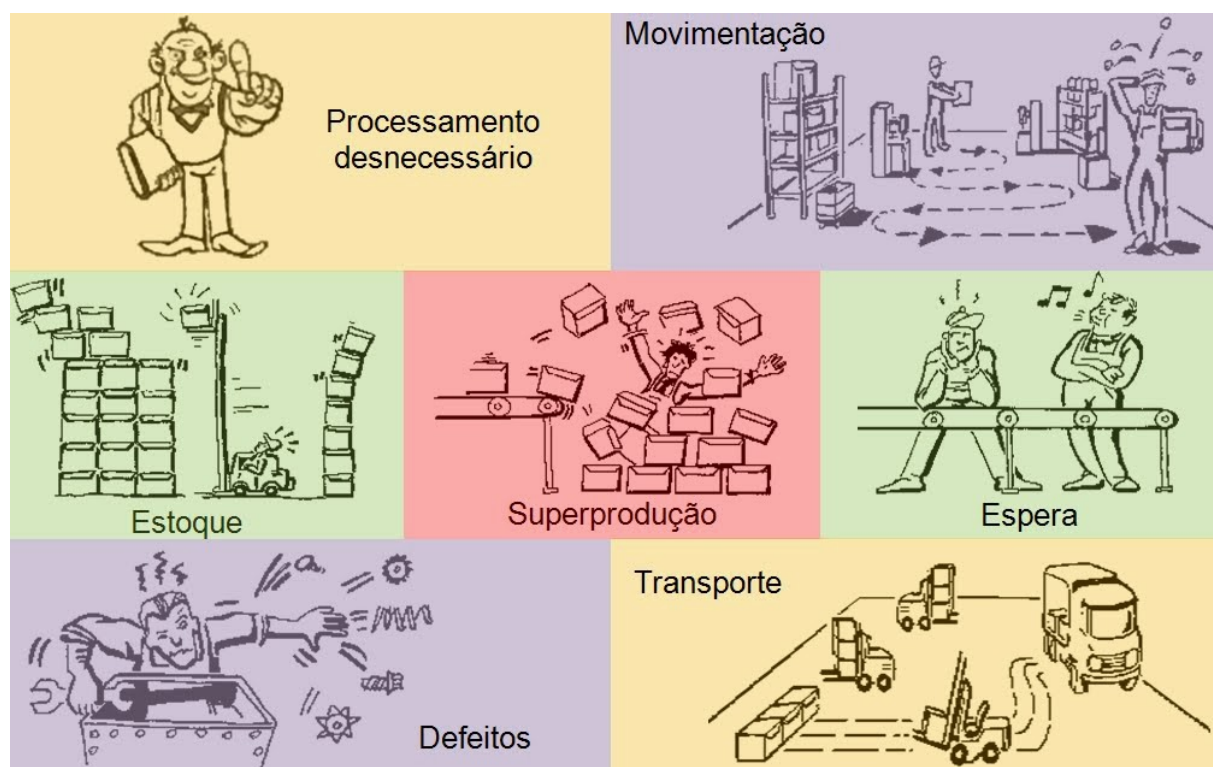


Figura 1 – Os 7 tipos de desperdícios
Fonte: Smart Consultoria (2015)

Slack, Chambers e Johnston (2009) descrevem os 7 desperdícios:

1. **Superprodução:** considerado o maior dos desperdícios, é produzir mais do que é imediatamente necessário para a próxima etapa do processo;
2. **Espera:** refere-se a materiais que aguardam em filas para serem processados;
3. **Transporte:** a movimentação de materiais pela fábrica, assim como a múltipla movimentação do estoque em processo, não agrega valor;
4. **Processamento desnecessário:** operações desnecessárias ou manutenção ruim podem gerar desperdícios;
5. **Estoque:** todo estoque deve ser eliminado, mas para isso é preciso achar a sua causa raiz;
6. **Movimentação:** apesar de parecer ocupado, a movimentação do operador não agrega valor ao trabalho;
7. **Defeitos:** causa o desperdício de todas as operações até sua detecção, de matéria-prima e pós processamentos;

Para apoiar a filosofia da produção enxuta existem várias ferramentas que auxiliam nessa eliminação de desperdícios. Também possui uma forte base na aceitação da ideia por todos os integrantes da fábrica. O sucesso na implantação do *Lean* hoje em indústrias está muito baseado na resposta da aplicação das ferramentas, já que a conscientização do fator humano ainda é um obstáculo (KUNDE, 2009).

As empresas que dominam essa filosofia possuem maior competitividade, pois tem-se a possibilidade de ampliar sua variedade de produtos, atingindo uma gama de diferentes segmentos do mercado. Outra possibilidade é um menor tempo de desenvolvimento de produtos, mantendo-os mais atualizados do que a concorrência. Além da variedade de produtos e menores ciclos de renovação, pode-se fazer uso dessas vantagens na implementação de um processo eficiente de desenvolvimento de inovações tecnológicas no produto (KUNDE, 2009).

2.2 Just in Time (JIT)

A filosofia *Just in Time* é uma abordagem disciplinada que visa aprimorar a produtividade e eliminar os desperdícios. Busca atender a demanda instantaneamente, com a quantidade certa, no momento e local certos (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009). Sem inventários intermediários o JIT busca zerar o tempo de espera (*Lead time*) e produzir em fluxo contínuo. A figura 2 exemplifica as diferenças entre o método tradicional e o fluxo contínuo, mostrando que eliminação de estoque entre os postos de trabalho torna possível a produção um a um, de forma contínua e com menos desperdícios.

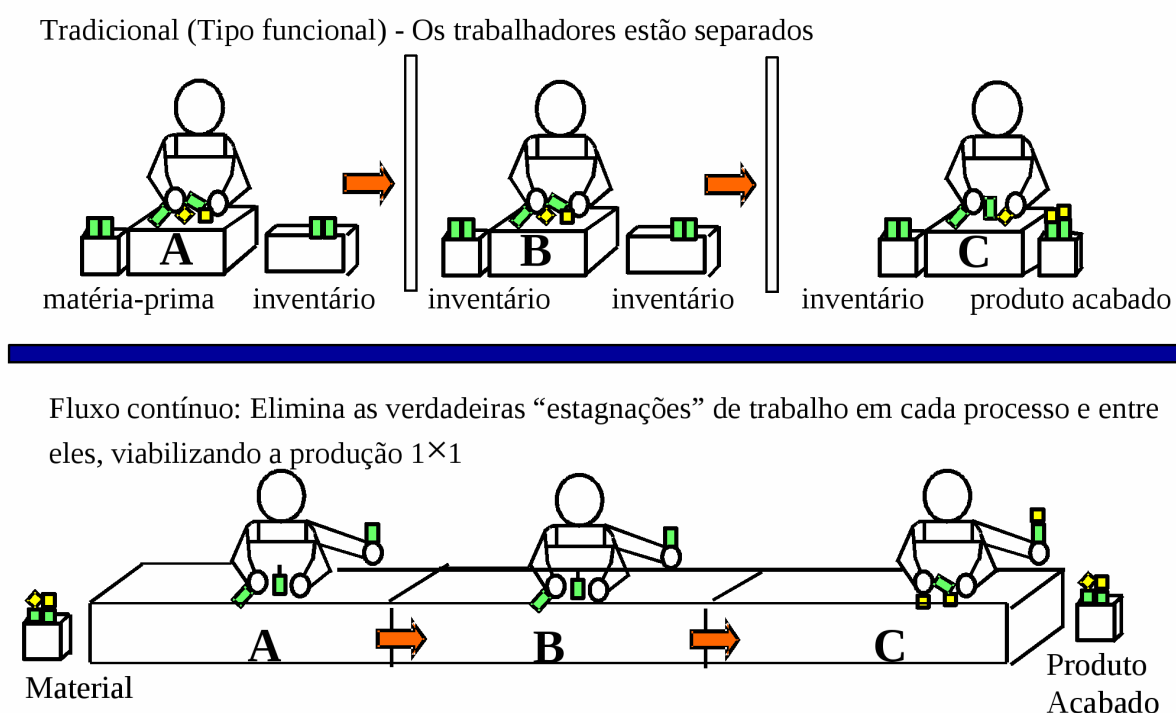


Figura 2 – Fluxo contínuo x Tradicional

Fonte: Ghinato (2009)

Na filosofia JIT, a produção é considerada puxada, sem estoque entre os estágios do processo, onde as entregas são feitas contra uma solicitação do estágio

seguinte. Diferentemente da abordagem tradicional, ou produção empurrada, onde cada estágio produz no seu ritmo, independente da demanda do estágio seguinte, gerando estoque entre os estágios da produção. Para melhor visualizar a diferença entre os dois sistemas de produção observe a figura (Figura 3) a seguir, onde na produção empurrada: o fornecedor envia a matéria prima para um estoque, então desse estoque passa pelo processo produtivo e vai parar em outro estoque para só então ser vendida ao cliente; e na produção puxada o cliente faz o pedido, o que gera uma requisição para produção, que por sua vez requisita a matéria prima do fornecedor.

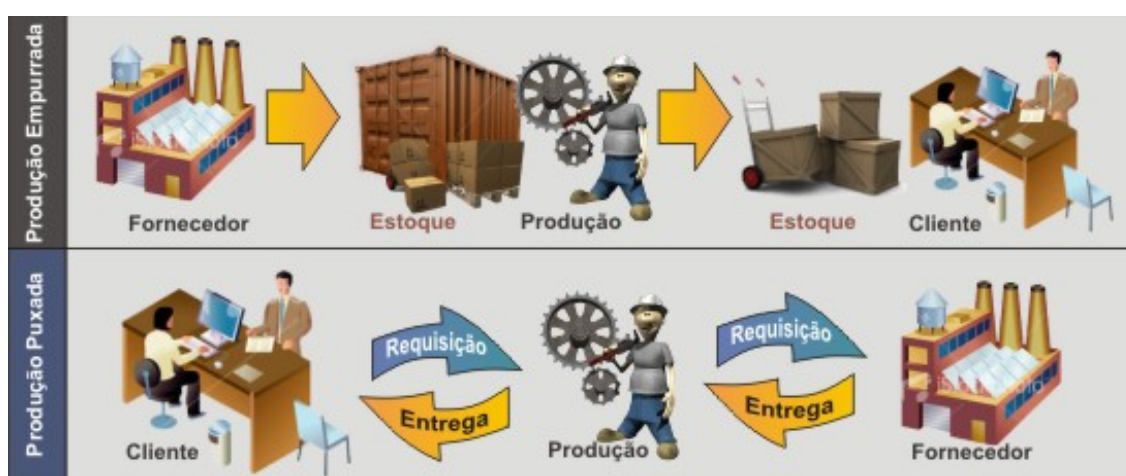


Figura 3 – Comparativo dos sistemas de produção.

Fonte: Redação Indústria (2012)

No JIT o principal sacrifício é a utilização da capacidade produtiva. O sistema de produção tradicional, por ter estoques, permite que cada estágio produza ao máximo, mas como ressaltam Slack, Chambers e Johnston (2009) “essa utilização alta não faz necessariamente com que o sistema como um todo produza mais componentes”. A ilustração (Figura 4) a seguir mostra alguns problemas que o estoque pode encobrir, a redução do nível de estoque (água) permite que a gerência (navio) veja os problemas (pedras) e procure reduzi-los.

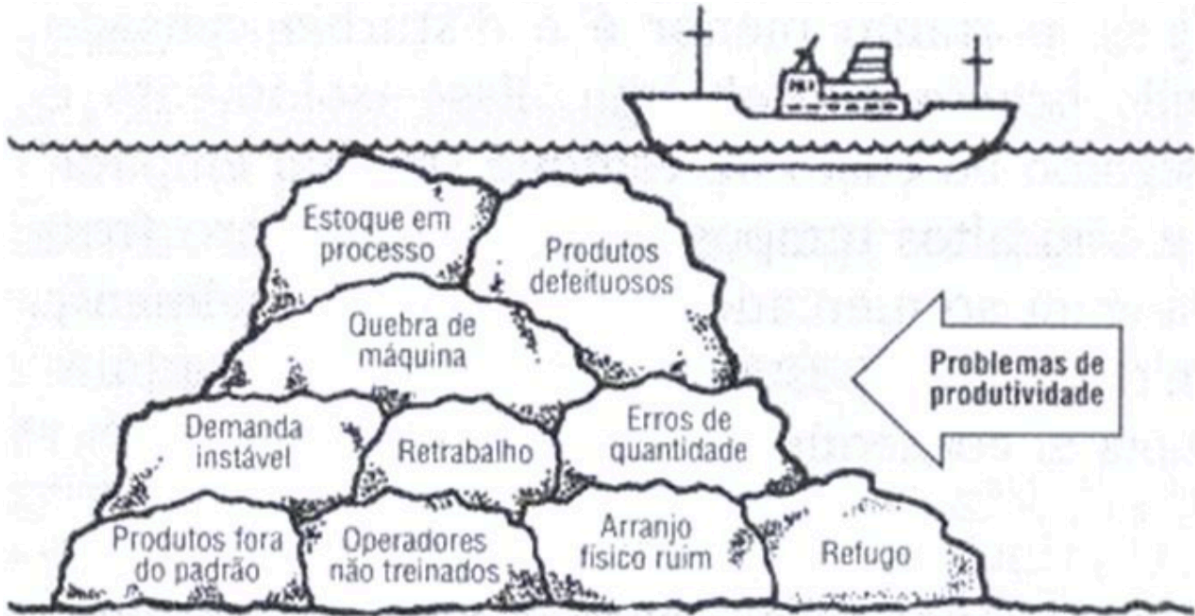


Figura 4 – A redução do nível de estoque (água) permite que a gerência (navio) veja os problemas (pedras) e procure reduzi-los.

Fonte: Slack, Chambers e Johnston (2009, p. 454)

2.3 Kanban

O *Kanban* é uma das técnicas usadas para atingir a meta do JIT. *Kanban* é a palavra japonesa para Cartão ou Sinal, que controla o fluxo de material de um estágio ao outro, é como o estágio “cliente” avisa o estágio “fornecedor” que mais material deve ser enviado. A ferramenta *Kanban* é a responsável pela sincronização do processo. Através desse método é possível viabilizar uma produção puxada (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

Existem basicamente 3 tipos de *Kanban*:

- Movimentação ou transporte: avisa que o material do estágio anterior pode ser retirado de estoque;
- Produção: é uma ordem de produção para que um item seja colocado em estoque;
- Fornecedor: avisa o fornecedor que ele precisa enviar material para um estágio de produção;

O *Kanban 2 caixas* ou *2 cartões (2-bin Kanban)* funciona da seguinte forma: tem-se 2 caixas de componentes, quando a primeira fica vazia, ela se torna um sinal pedindo que uma nova caixa com componentes seja enviada, enquanto isso os

componentes são retirados da segunda caixa. Isso se torna um ciclo e assim o nunca faltam peças no processo.

3 *KITTING*

Poucas bibliografias oferecem uma definição formal da ferramenta *Kitting*, mas a maioria das fontes concordam que é uma combinação de vários números de peças únicas agrupadas em um recipiente separado e apresentadas para a linha de montagem ou fabricação (MONDAY, 2014). A ilustração (Figura 5) a seguir mostra, de forma esquemática, a montagem do *kit*.

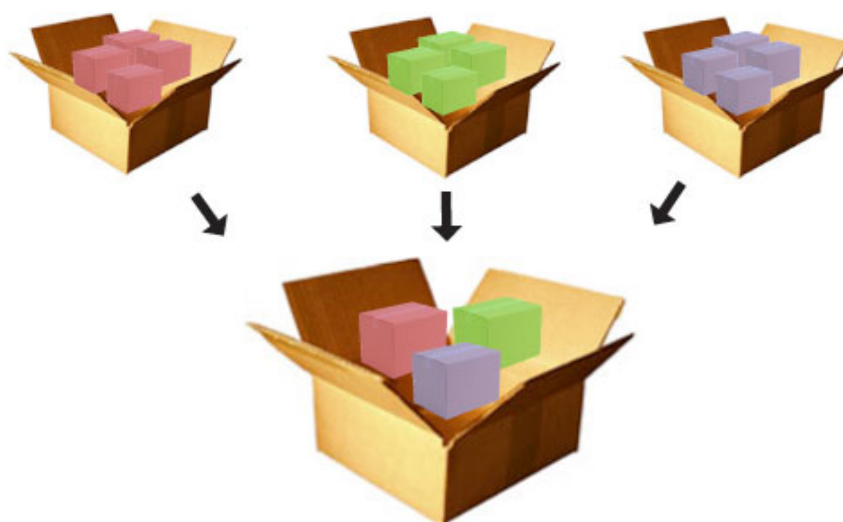


Figura 5 – Esquema *Kitting*
Fonte: Froehlich (2015)

Segundo Smalley (2009) o *Kitting*, também conhecido como SPS (Set Pallet System) apresenta muitas as vantagens de sua implementação, como: espaço livre visto que o estoque em borda de linha desaparece; confiabilidade, pois serve como um *Poka Yoke*³ evitando erros de peças trocadas; aumento de tempo agregando valor, pois o operador fica quase 100% do tempo focado na produção. As ilustrações

³ *Poka Yoke*: termo japonês para segurança contra falhas (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009, p. 682).

a seguir (Figuras 6 e 7) mostram a diferença entre o sistema tradicional, onde o operador realiza movimentos sem agregar valor ao produto e o *Kitting* (SPS), onde o operador esta agregando valor ao produto quase que 100% do tempo.

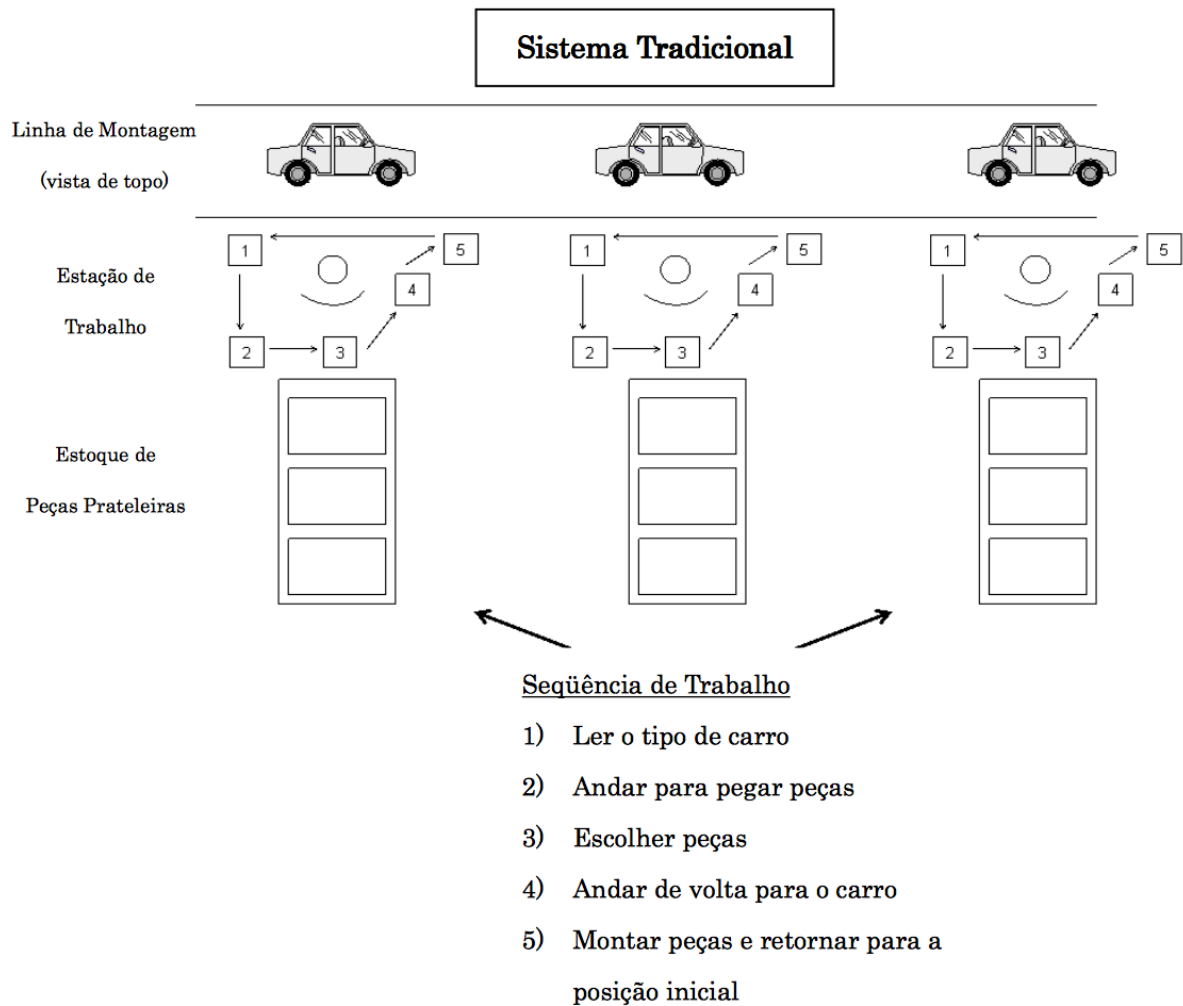
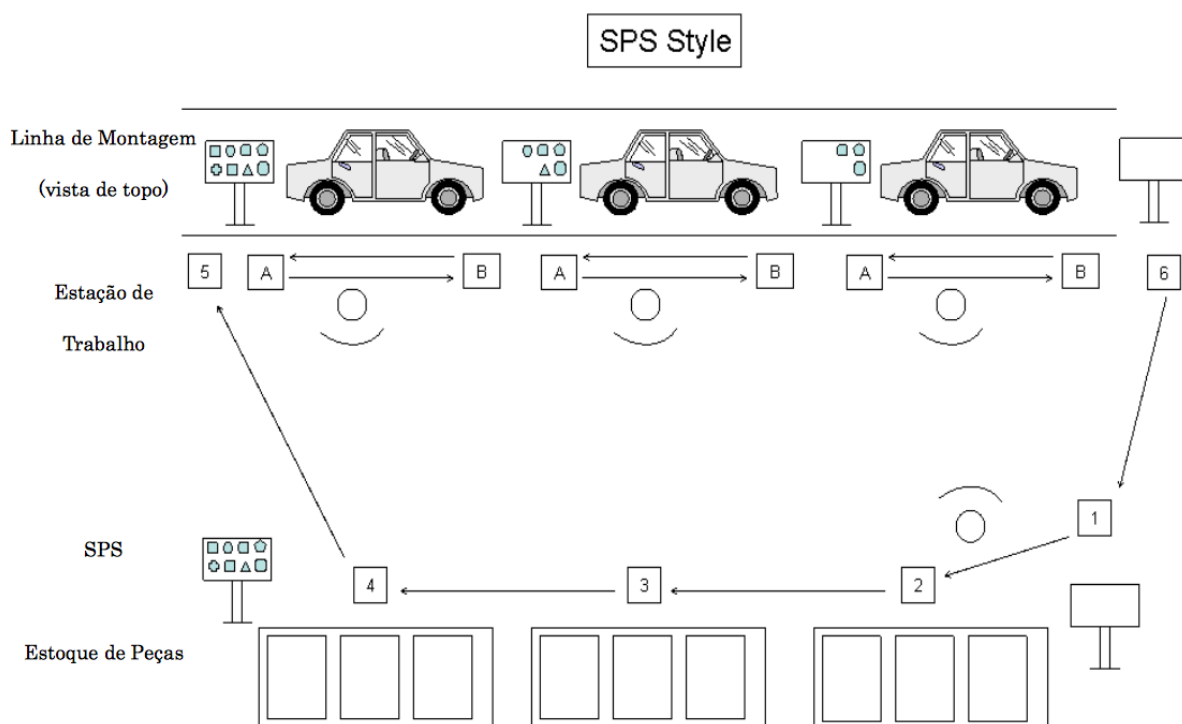


Figura 6 - Fluxo sistema tradicional
Fonte: Smalley (2009) – Tradução Diogo Kosaka



Seqüência de Trabalho SPS

- 1) Sinal de seleção de peças
- 2) Seleção de peças
- 3) Seleção de peças
- 4) Seleção de peças
- 5) Enviar peças
- 6) Retorno do pallet vazio

Figura 7 - Fluxo Sistema SPS

Fonte: Smalley (2009) – Tradução: Diogo Kosaka

Monday (2014) mostra um fluxo de decisão (Figura 8) que leva ao uso do *Kitting*. Sendo a primeira opção o *2-bin Kanban*, seguido do Fluxo Sequencial, por serem de mais fácil implementação que o *Kitting*.

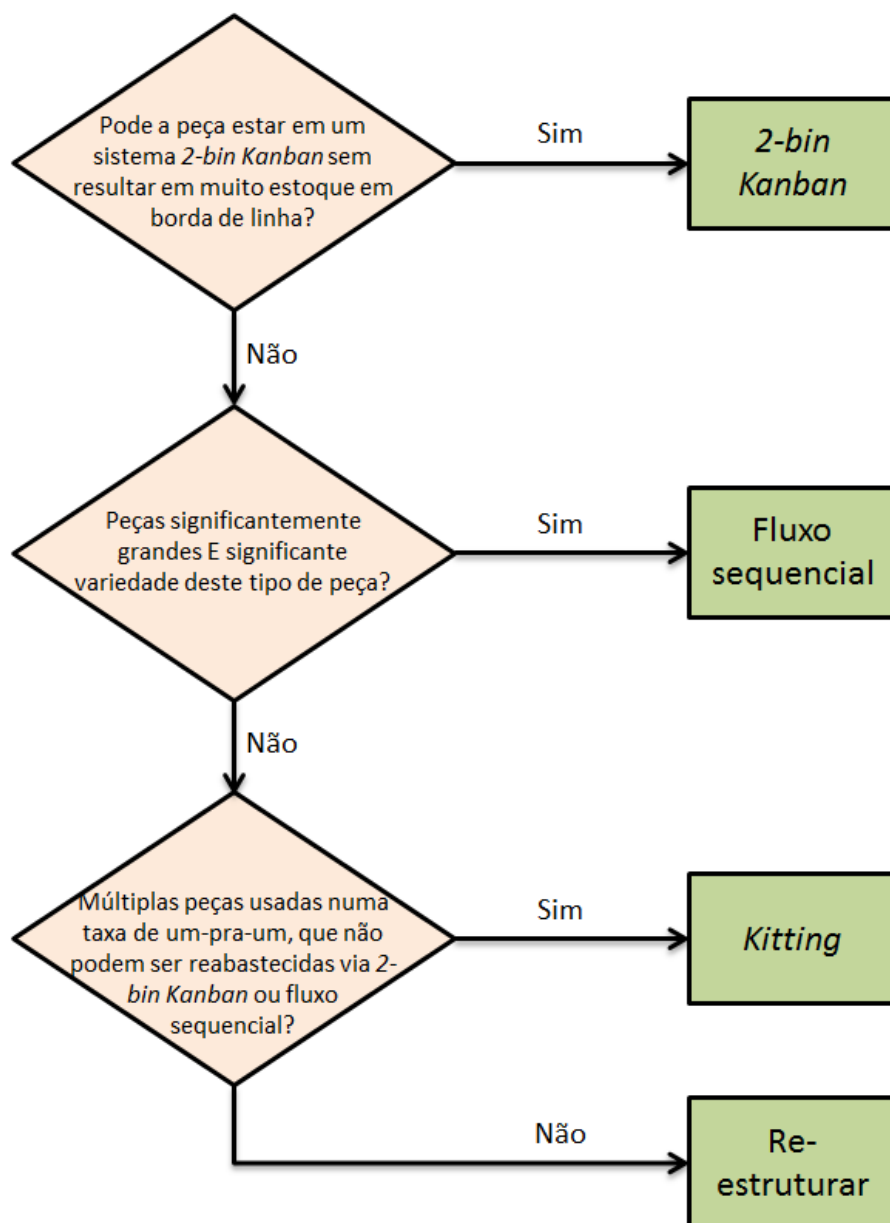


Figura 8 – Fluxo de decisão
Fonte: Monday (2014)

A razão pela qual vemos *2-bin Kanban* ocorrer como a primeira opção na árvore de decisão é que cada uma das outras opções de fluxo de materiais apresentam trabalho secundário, bem como processos mais complicados que têm o

potencial de introdução de resíduos em seu sistema de reabastecimento. Supondo que siga-se a árvore de decisão para a solução de montagem de kits, deve-se saber as potenciais dificuldades de implementação kits (MONDAY, 2014):

- Sistemas de reposição MRP/ERP (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009) muitas vezes não acomoda kits sem números de peças de montagem;
- Um defeito de um componente no kit geralmente requer o descarte de todo o kit;
- Trabalho secundário é necessário para montar os kits e,
- Recipientes adicionais são geralmente necessários.

Segundo Monday (2014), se estas dificuldades podem ser superadas, a montagem de kits pode ser uma solução extremamente eficaz para assumir o controle da eficiência do operador, o estoque de borda de linha, e outros problemas, muitas vezes associado com o fluxo de materiais para a linha.

3.1 Benefícios do *Kitting*

Os seguintes benefícios com a implementação do *Kitting* foram encontrados na teoria. Sendo maioria reconhecidos por vários autores:

1. Poupa espaço na fabricação e montagem (BOZER & MCGINNIS, 1992; MEDBO, 2003);
2. Reduz o tempo buscando e procurando dos operadores de montagem (JOHANSSON, 1991; SCHWIND, 1992);
3. *Kitting* pode reduzir ou fazer um melhor controle sobre trabalho em processo nas estações de trabalho, armazenando componentes primários e subconjuntos em uma área de armazenamento central (BOZER & MCGINNIS, 1992; DING & BALAKRISHNAN, 1990);
4. Uma vez que a maioria dos componentes e subconjuntos não são testados nas estações de trabalho, isso aumenta a flexibilidade da linha de montagem ou estação de trabalho; a passagem do produto é realizada com relativa facilidade (BOZER & MCGINNIS, 1992; SCHWIND, 1992; SELLERS & NOF, 1989);

5. Oferece melhor controle de chão de fábrica por apenas manusear os recipientes de kits através do sistema de montagem, em vez de cada componente em seu recipiente (BOZER & MCGINNIS, 1992; DING & BALAKRISHNAN, 1990; DING, 1992; MEDBO, 2003);
6. Reduz ou facilita o fornecimento de material para as estações de trabalho, eliminando a necessidade de fornecimento de recipientes de componentes individuais (BOZER E MCGINNIS, 1992; DING & BALAKRISHNAN, 1990; MEDBO, 2003);
7. Proporciona melhor controle e visibilidade para componentes e subconjuntos caros ou perecíveis (BOZER & MCGINNIS, 1992; SCHWIND, 1992);
8. Oferece potencial no aumento da qualidade do produto, devido à possibilidade de ter controles de qualidade no início da cadeia de valor e a possibilidade de reduzir a frequência das peças erradas ou falta de peças no produto final (BOZER & MCGINNIS, 1992; SCHWIND, 1992; SELLERS & NOF, 1989);
9. Por reduzir o tempo de busca e ao projetar os kits de maneira "pedagógica", a montagem de kits facilita o processo de montagem e a capacitação de novos funcionários (DING & BALAKRISHNAN, 1990; SMALLEY, 2009);
10. Facilita a robotização nas estações de trabalho, apresentando uma oportunidade de controlar a quantidade exata, a posição e orientação de peças individuais colocadas no kit (BOZER & MCGINNIS, 1992);
11. Na produção de alta variedade, montagem de kits pode ajudar a equilibrar a linha, removendo o tempo de configuração (*set-up*) da linha (JIAO et al., 2000).

3.2 Limitações do *Kitting*

Muitos dos autores dos benefícios mencionados anteriormente reconhecem o risco de que ter um processo de *Kitting* pobre pode transformar os benefícios em limitações. Por exemplo, se os kits tiverem uma elevada taxa de peças faltantes ou erradas, isto pode levar a uma diminuição na qualidade do produto.

Além disso as seguintes limitações com o *Kitting* foram encontrados na teoria:

1. Fazer os kits (isto é, a montagem do kit) consome tempo e esforço com pouco ou nenhum valor directamente adicionados ao produto (BOZER & MCGINNIS, 1992);
2. É provável que aumente o espaço de armazenamento (não em borda de linha), especialmente quando kits estão sendo preparados com antecedência (BOZER & MCGINNIS, 1992);
3. Exige planejamento adicional para distribuir peças nos kits, especialmente quando kits são preparados com antecedência (BOZER & MCGINNIS, 1992);
4. Escassez temporária de partes pode forçar o uso de kits parciais; isso irá reduzir o rendimento global do funcionamento, devido ao duplo tratamento de recipientes do kit e o espaço de armazenamento adicional requerido pelos kits parcialmente montados (BOZER & MCGINNIS, 1992);
5. As peças defeituosas que são inadvertidamente utilizadas em determinados kits levará à falta de peças nas estações de trabalho. Kits que contêm peças defeituosas devem ser "remontados" (BOZER & MCGINNIS, 1992);
6. Os componentes que podem falhar durante o (ou como resultado do) processo de montagem será necessária uma consideração especial ou exceções (isto é, eles podem ter que ser excluídos dos kits). Pode ser necessário fornecer uma peça de reposição com cada kit ou recipientes para armazenar (na borda de linha) componentes específicos em algumas estações de trabalho (BOZER & MCGINNIS, 1992);
7. Se ocorrer a falta de peças (devido a defeitos ou outros motivos), alguns kits podem ser "canibalizados". Isto é, as partes faltantes podem ser removidas a partir de alguns dos conjuntos existentes. Isso pode complicar ainda mais a escassez e isso pode levar a problemas no controle de estoque. Além disso, irá quase sempre levar a dupla manipulação - primeiro para remover o componente dos kits existentes

e, posteriormente, para adicionar as peças nos kits "canibalizados", quando uma nova remessa chegar (BOZER & MCGINNIS, 1992);

8. A montagem dos kits (*Picking*⁴) é um processo monótono; no longo prazo, com um processo mal projetado isso pode levar a lesões e pessoal desmotivado (CHRISTMANSSON et al, 2002).

Segundo Carlsson e Björn (2007) antes de se introduzir um processo de *Kitting* há que se fazer as seguintes perguntas: Por que nós queremos *kitting*? Existe uma necessidade de um processo de *Kitting*? Há uma possível necessidade do *Kitting* quando as vantagens ultrapassarem as limitações descritas acima.

Quando o *Kitting* for viável, como projetá-lo pode ser dividido em quatro perguntas:

- Onde aplicar o *kitting*?
- O que colocar no kit?
- Quem montará o kit?
- Como montar o kit?

3.3 Onde aplicar o *kitting*?

De acordo com Brynzer e Johansson (1995) a escolha de um projeto de processo de kits a um nível elevado envolve decisões sobre a organização do trabalho e a localização geográfica do processo de montagem de kits. Eles também dizem que o processo de montagem de kits pode ser localizado em uma área de *picking* central ou em áreas descentralizadas próximas aos postos de trabalho. Kits também podem ser montados fora do local da fábrica, por terceiros.

⁴ *Picking*: termo em inglês para a ação de coletar/pegar, também usado para retratar o local de coleta ou montagem de kits.

Ter um repositório central de *picking* significa que se pode beneficiar de economias de escala fazendo muitos kits diferentes na mesma área, no entanto, pode haver uma falta de comunicação, devido à localização geográfica da área de montagem dos kits. Ter uma loja de picking central também prevê a possibilidade de integrar a área de montagem de kits com os estoques principais, reduzindo o manuseio desnecessários de materiais. A figura 9 mostra, de forma esquemática, uma área central fazendo todos os kits que chegarão a linha de produção em diferentes pontos.

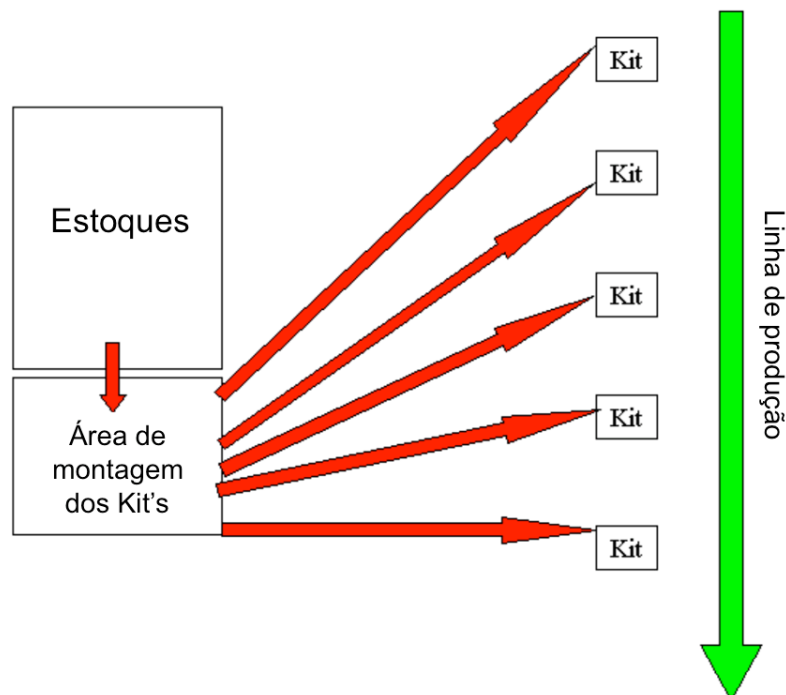


Figura 9 - Kitting com armazenamento centralizado picking.
Fonte: Adaptação (CARLSSON; BJÖRN, 2007)

Os benefícios de ter áreas de montagem de kits descentralizadas perto da linha de montagem é principalmente a comunicação, no entanto pode não haver espaço para essas áreas e pode ser trabalhoso devido à dificuldade de equilibrar a carga de trabalho de fazer kits. A (Figura 10) ilustra o esquema de varias áreas de picking abastecendo a linha em diferentes pontos.

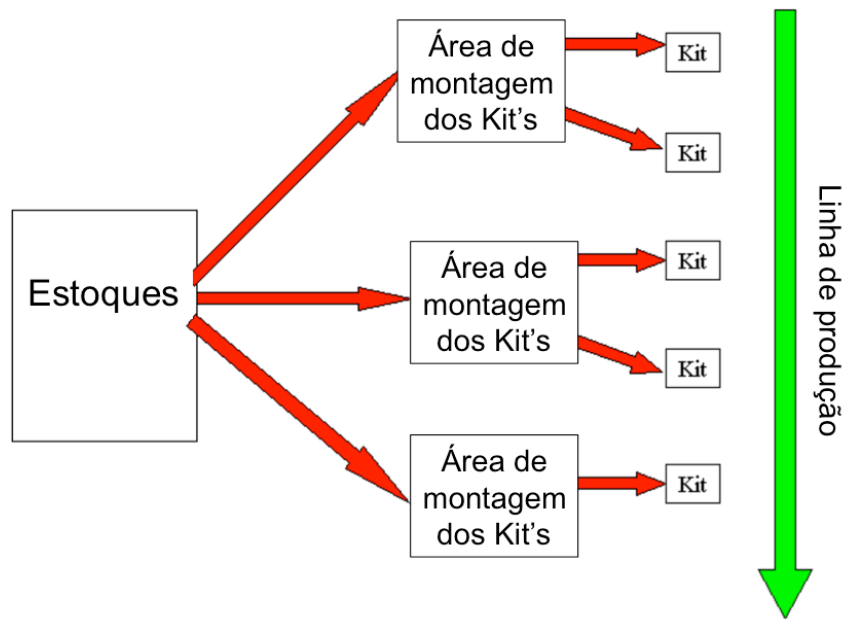


Figura 10 - Kitting em áreas descentralizadas
Fonte: Adaptação (CARLSSON; BJÖRN, 2007)

3.4 O que colocar no kit?

Independentemente do tipo de kit, tipicamente não contém todas as partes necessárias para montar uma unidade do produto final, isto é, por vezes, devido à complexidade do produto ou o tamanho do produto. Além disso, certos componentes tais como parafusos, arruelas, etc. quase nunca são incluídos nos kits, essas peças são entregues a granel para o chão de fábrica em recipientes de componentes. (BOZER & MCGINNIS, 1992)

Ding (1992), investigando a montagem de kits em uma fábrica de tratores, diz que as considerações de montagem de kits em um sistema puxado são: tamanhos de peças, tamanhos de lote e tamanhos dos kits. Considerando o tamanho da peça, Ding afirma que existem peças que se aplicam e que não se aplicam aos kits devido à restrição de tamanho; partes que não se aplicam devem ser fornecidas separadamente quando necessário. De acordo com Schwind (1992) peças de valor altos são adequadas para montagem de kits, uma vez que se pode ter maior controle de danos e as peças podem ser contabilizadas individualmente em alguns sistemas.

Bozer e McGinnis (1992) observaram dois tipos de kits: Kit estacionário e kit “viajante”, mostrados nas figuras 11 e 12, respectivamente. Um kit estacionário é entregue a uma estação de trabalho e permanece lá até que se esgote. O produto a ser montado move-se a partir de uma estação de trabalho para outra independente do kit estacionária. Um kit “viajante” é tratado juntamente com o produto e suporta várias estações de trabalho, antes de ser descarregado. Existem dois tipos de kits “viajantes”. O primeiro tipo é um único recipiente em que o kit e o produto se deslocam no mesmo recipiente que o produto é montado. Com o segundo tipo, o produto viaja em um recipiente (ou acessório) enquanto o kit segue o produto em paralelo em um outro recipiente. Os dois viajam juntos a partir de uma estação de trabalho para outra.

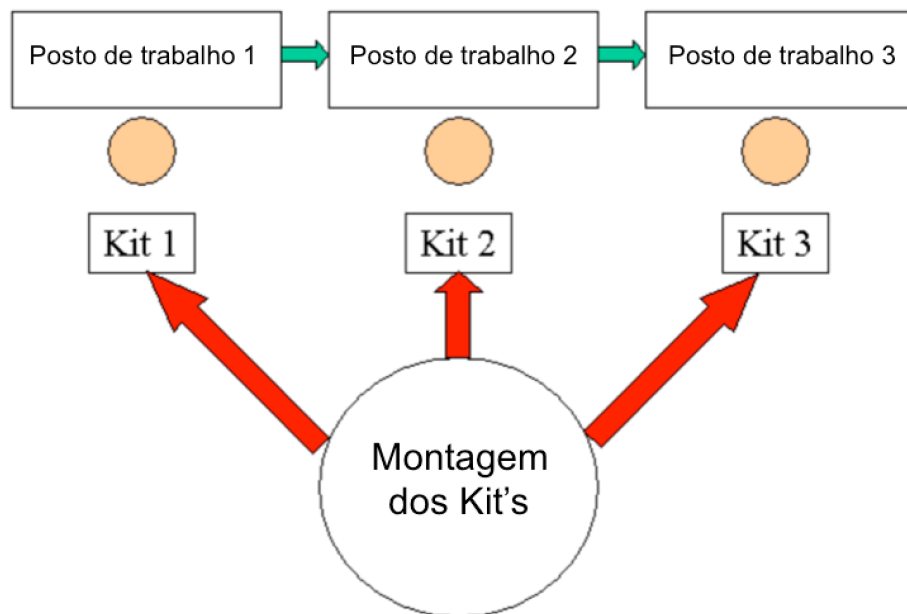


Figura 11 - kits estacionários.

Fonte: Adaptação (CARLSSON; BJÖRN, 2007)

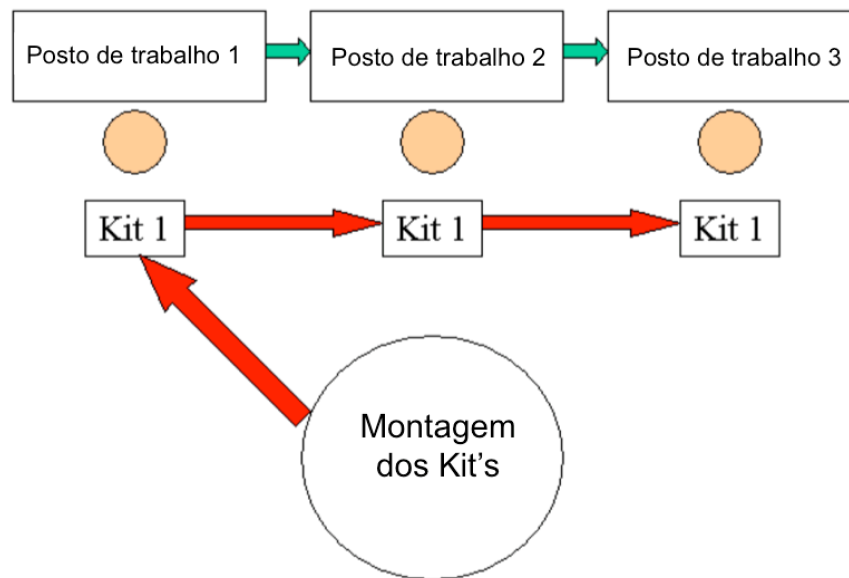


Figura 12 - Kits "viajantes".

Fonte: Adaptação (CARLSSON; BJÖRN, 2007)

3.5 Quem monta os kits?

Quem produz fisicamente os kits é primeiramente dividido entre homem ou máquina, por exemplo, empregado ou robô. Esta pesquisa não irá considerar *picking* robótico.

De acordo com Brynzer e Johansson (1995), a montagem dos kits pode ser feita pelos próprios operadores/montadores da linha ou por uma categoria específica de operadores, chamados de *pickers*⁵. Eles também reconhecem dois benefícios de integrar o processo de montagem dos kits aos operadores da linha. Em primeiro lugar, há a idéia de obter maior precisão do *picking* quando o operador é responsável por todo o trabalho. Em segundo lugar, a integração e o alargamento de trabalho irá aumentar a produtividade global, reduzindo problemas de equilíbrio e dando melhores possibilidades em relação aos projetos de trabalho que promovam a ergonomia e a qualidade de vida no trabalho.

⁵ *Pickers*: Coletadores ou montadores de kits.

Smalley (2009) reconhece os benefícios de ter certos *pickers*, como: operadores de montagem agora podem concentrar-se quase 100% do seu tempo no trabalho de valor agregado de instalar partes, porque eles já não têm de executar a tarefa que não agregam valor como de caminhar alguns passos para bucar peças de estoques. Este sistema também elimina movimentos para alcançar, esticar-se e procurar peças por parte de operadores de montagem.

3.6 Como montar o kit?

Como montar o kit pode ser dividido em três perguntas: Como conseguir as peças certas no kit certo? Como obter o kit certo para a estação de trabalho certo? Como projetar os kits para ser tão fácil quanto possível de monta-lo e tão fácil quanto possível para utiliza-lo na montagem?

Bozer e McGinnis (1992) definem "montage de kit", tal como uma operação em que todos os componentes e/ou sub-montagens para um determinado tipo kit, são fisicamente colocados no recipiente do kit adequado. Eles também chegaram à conclusão de que a montagem kit conceitualmente é uma operação de coleta de pedidos.

De acordo com Brynzer e Johansson (1995) uma forma de classificar os sistemas de picking é se o coletor vai para os locais de *picking* (*picker-to-part*) ou se os materiais são trazidos para o coletor (*part-to-picker*). Sistemas *Picker-to-part* são os mais comumente utilizados na indústria.

Bozer e McGinnis (1992) observaram que na maioria dos casos, uma vez que os vários recipientes de componentes e/ou submontagens devem ser montados, é bastante comum para montar vários kits do mesmo tipo simultaneamente. Isto é, uma vez que um recipiente de componente ou subconjunto é trazido para a área de montagem do kit, pode-se pegar peças suficientes para montar vários kits de um determinado tipo.

A área de montagem de kits pode ser uma grande área ou você pode dividi-la em zonas. No caso de uma grande área de picking, a ordem de coleta é feita seguindo um trajeto e as peças são levadas ao kit, este é mostrado na figura 13.

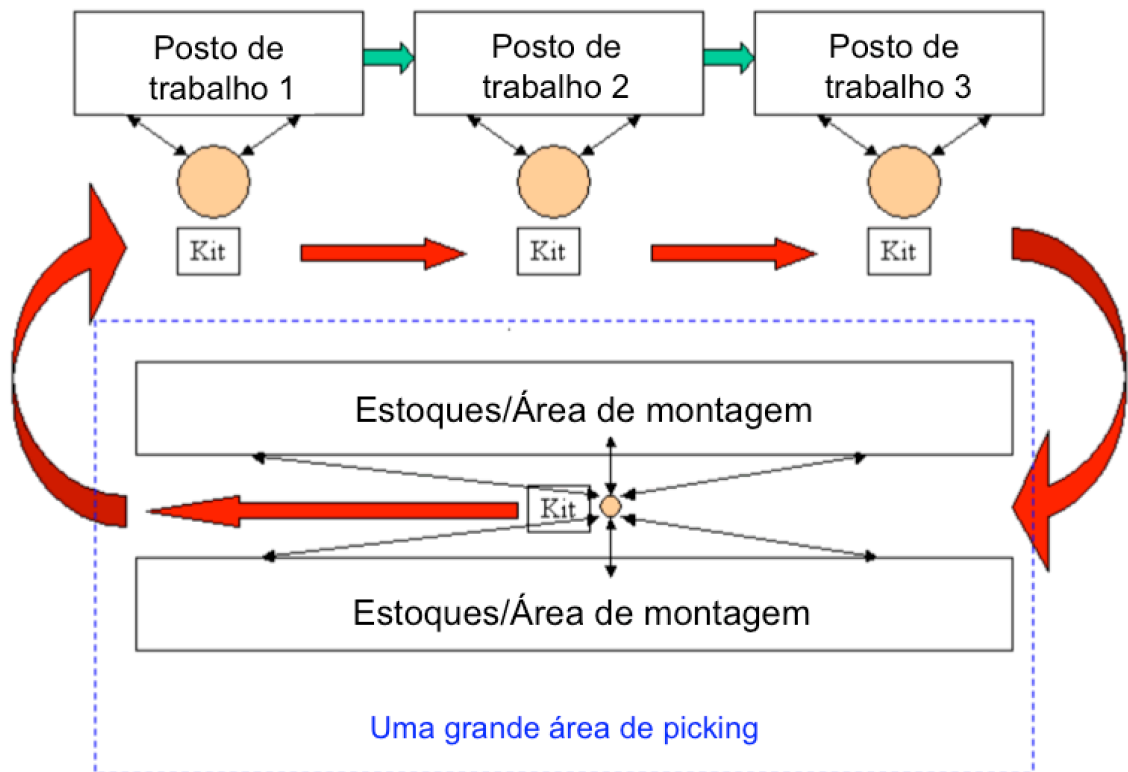


Figura 13 – Uma grande área de Picking.
 Fonte: Adaptação (CARLSSON; BJÖRN, 2007)

De acordo com Brynzer e Johansson (1995) pode-se dividir o armazém em diferentes zonas de picking e uma ordem é feita entre estas zonas. Brynzer (1995) explica dois tipos de zonas de picking: zoneamento progressivo ou sincronizado.

O zoneamento progressivo, como mostrado na figura 14, processa cada kit uma zona de cada vez, quando o kit passou por todas as zonas ele foi concluído e então segue para a linha de produção.

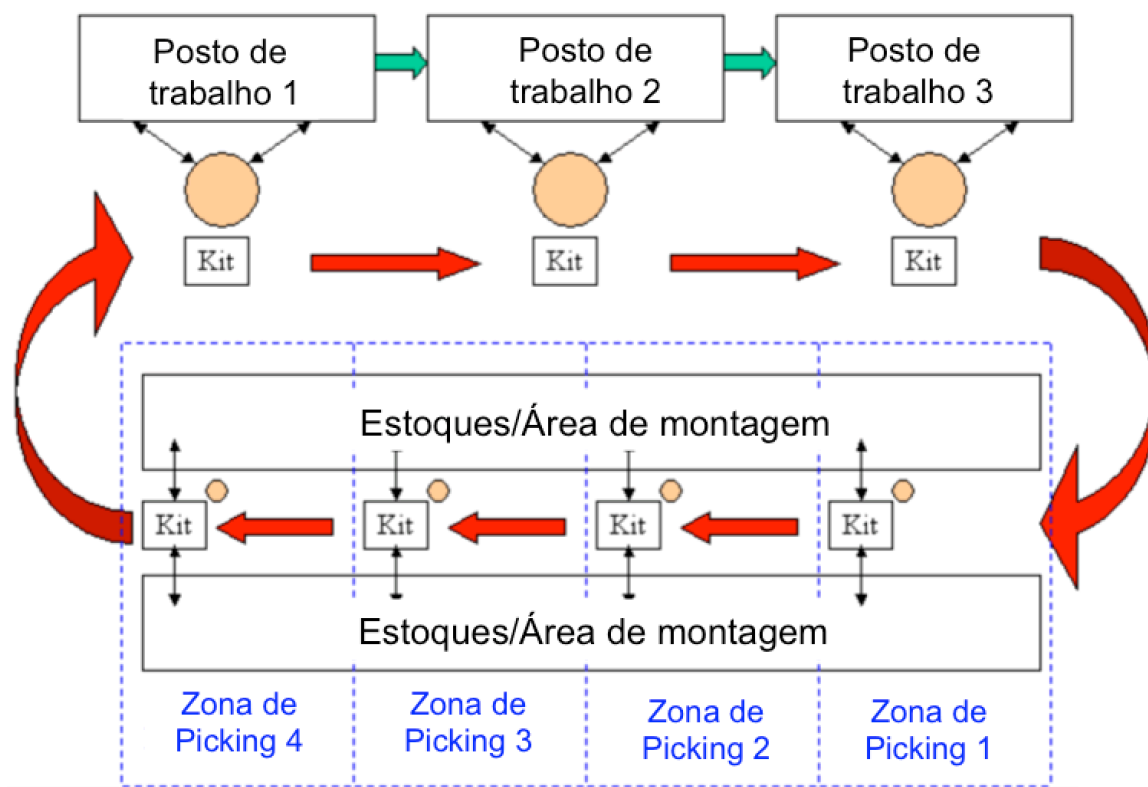


Figura 14 - Zoneamento progressivo.
Fonte: Adaptação (CARLSSON; BJÖRN, 2007)

Zoneamento sincronizado (Figura 15) é quando todas as zonas funcionam ao mesmo tempo, as partes de cada zona são então trazidas em conjunto ao kit para então ser levado à linha.

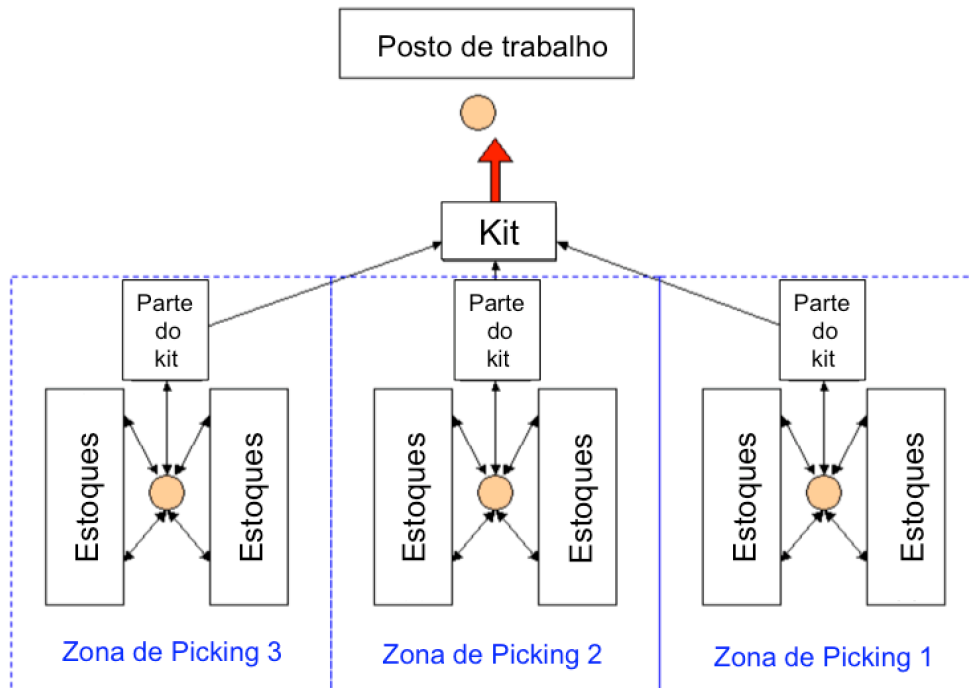


Figura 15 - Zoneamento sincronizado.
Fonte: Adaptação (CARLSSON; BJÖRN, 2007)

De acordo com Brynzer (1995), o formato da informação da coleta demonstra ser um fator importante para a precisão da coleta, a produtividade e como o trabalho de coleta é percebido. Brynzer e Johansson (1995) durante seus estudos de caso observaram cinco principais maneiras de conceber o sistema de informação em que o *picker* recebe e compreende a informação de que peças escolher para cada pedido/kit. Estas formas e alguns benefícios e limitações são:

1. As informações do *picking* tradicional atinge o selecionador na forma de uma lista de *picking*, especificando a identificação, número, localização, etc., das peças para escolher. Normalmente, o selecionador tem que manualmente assinalar as peças na lista de picking depois de pegá-las. O problema com este sistema é que ele é mais frequentemente concebidos para "novatos", pickers experientes costumam negligenciar a lista de picking, tendendo a escolher pela experiência. Isso causa problemas quando há alterações de design, novos números de peças, etc., e mesmo se o selecionador não está usando a lista de picking, deve ser permitido um tempo para a leitura e identificação. No entanto, o

benefício deste sistema é que o investimento é geralmente muito pequeno uma vez que um sistema semelhante na maioria das vezes já existe no depósito.

2. O uso de monitores nos locais de armazenamento mostrando o que escolher. Por exemplo, uma pequena lâmpada indica quando um componente específico deve ser escolhido e uma tela mostra quantas são necessárias, este sistema é chamado de *pick-by-light*. Em alguns casos, colocadas ao lado do visor, há um botão para o operador pressionar quando a peça foi escolhida. O kit não pode ser mandado embora, a menos que todos os botões sejam pressionados. Erros de *picking* são incomuns neste sistema, no entanto, requer um investimento relativamente grande em hardware e software.
3. Cada variante do produto final tem um número e, ao escolher, o selecionador olha para este número em um esquema variante em cada local de armazenamento. Uma abordagem diferente para esta ideia é o uso de cores em vez de números, ou seja, o selecionador recebe uma cor e, em seguida, continua a coletar partes em cada local do armazem com a mesma cor. Este sistema requer uma área de armazenamento dedicado, ou seja, cada número da peça tem uma localização específica na área de armazenamento. Também requer atualizações físicas frequentes quando as peças são movidas, alteradas ou retiradas.
4. As informações picking são exibidas em uma tela colocada no carrinho de coleta que diz o quê, onde e quantos componentes devem ser coletados. Este sistema requer um investimento relativamente grande em hardware e software.
5. O selecionador só recebe a especificação do produto final e através da experiência e folhas de trabalho sabe que peças escolher. Este sistema tem benefícios pela sua simplicidade, mas ela exige *pickers* experientes e mudanças de design de produto não-frequentes.

O design físico do recipiente do kit é de grande importância na concepção de um processo de montagem de kits. Brynzer (1995) afirma que o kit tem que ser funcional no processo de separação, bem como no processo de montagem. Medbo

(2003) chega à conclusão de que o trabalho de montagem é definitivamente suportado pela maneira que os kits são configurados. Ou seja, que a configuração das peças no recipiente do kit de acordo com a ordem em que elas são para ser montadas pode diminuir substancialmente o tempo do ciclo de montagem. Brynzer (1995) também reconhece a importância de projetar o recipiente kit de modo que o selecionador sabe onde partes específicas devem ir e pode facilmente detectar se alguma peça estiver faltando. Isto pode por exemplo ser feito por compartimentos específicos ou mapas de cor. Uma desvantagem com estes recipientes kit é sua inflexibilidade, uma vez que precisa mudar quando as peças são trocadas e eles podem não ser adequados para kits de montagem com variação elevada do produto. Estes kits também exigem design personalizado e de fabricação que pode ser caro.

4 ESTUDO DE CASO

Neste projeto de pesquisa foi realizado um estudo de caso de uma linha de produção de uma fábrica de motores automotivos⁶. O estudo aborda: a motivação da empresa a adotar o *kitting*; quais foram os requisitos para a implantação; e uma descrição de como foi implementado na linha.

4.1 Motivação ao *Kitting*

Visando o aumento na cadência de produção para atender a demanda, foi levantada a necessidade de fazer mudanças no sistema de produção. A sugestão aplicada foi de unificar o *picking* (ponto de coleta das peças). Transformando o armazém de peças em uma grande área de *picking*, onde seriam montados os kits. Com o objetivo de redução dos custos de fabricação de motores em cerca de 10%, como pode ser observado em um fator de custos de mão de obra direta na figura 16.

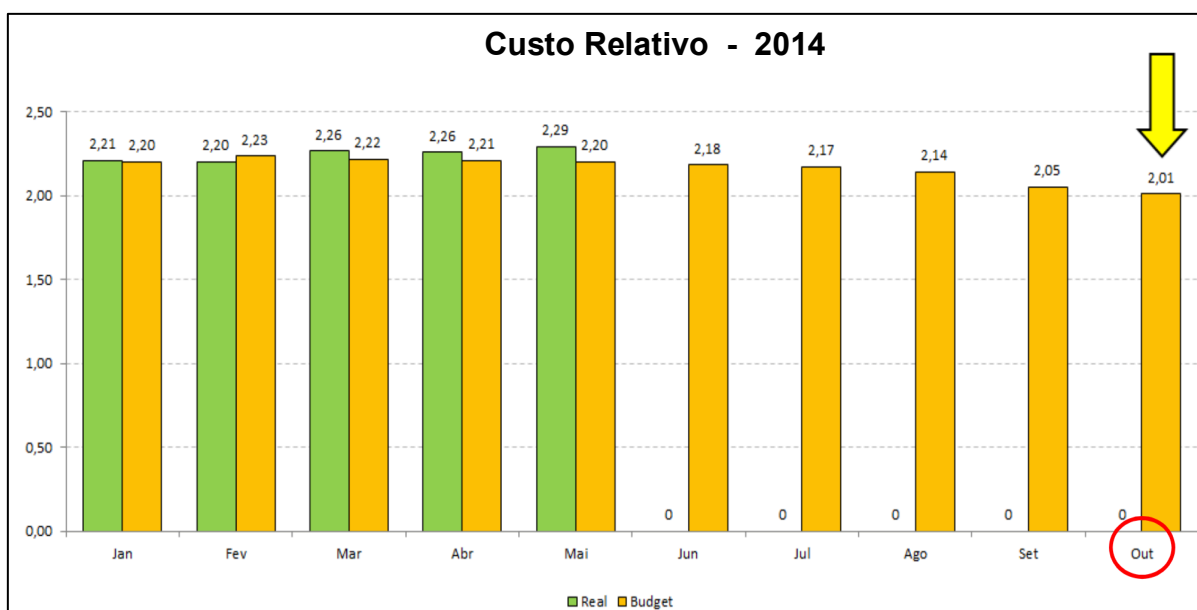


Figura 16 - Projeção de custos

Fonte: Empresa estudada⁶

⁶ A empresa não será identificada por motivos de sigilo. Os dados e informações presentes neste trabalho foram alterados de maneira a para preservar a empresa, porém sem perder o significado nos resultados obtidos.

A implementação do *kitting* foi também motivada pelos benefícios listados por Smalley (2009) no seu artigo “Toyota’s New Material-Handling System Shows TPS’s Flexibility.”

4.2 Requisitos para implementação

Durante o planejamento da implementação, assim como também durante a fase de implementação da ferramenta *Kitting*, foram levantados alguns requisitos e pontos importantes a serem feitos em ordem de integrar o kit na linha de produção da fábrica de motores. A seguir estão listadas algumas decisões e passos a serem tomados na implementação do *kitting*:

- A empresa precisa ser adepta à filosofia de produção enxuta;
- Ter um sistema Kanban bem consolidado com o abastecimento de peças;
- Peças com referências;
- Disponibilizar de uma área para a montagem dos kits;
- Um sistema de abastecimento de kits na linha;
- Definir o tamanho do *kit*;
- Definir a disposição das peças no *kit*;
- Definir a quantidade de *kit*'s necessários;
- Definir ponto(s) de entrada/saída do(s) *kitting*(s);
- Definir localização do *picking*;
- Definir trajeto dos carrinhos automotriz;
- Treinamento da equipe.

Para a empresa estudada a implementação foi considerada viável, pois apresentou as condições necessárias e o planejamento logístico para as alterações no layout do chão de fábrica tanto na linha de produção e seus arredores para receber o kit, quanto no armazém de peças para a instalação da área de montagem dos kits. Também não foi necessário a contratação de novos operadores para a montagem dos kits, foram remanejados os operadores que abasteciam os estoques

de borda de linha. O treinamento feito foi relativamente simples, visto que a ferramenta *kitting* prevê este benefício.

4.3 Configuração da linha

Foram feitas modificações no modo de abastecimento da linha de montagem na qual as áreas de *picking* são concentradas em uma nova área e o abastecimento dos *kittings* na linha é feito através de AGV's⁷ (veículos autônomo).

Além das peças que eram disponibilizadas nos *picking's* próximos a linha, muitas peças que eram disponibilizadas na borda de linha passaram a ser abastecidas via kit para a linha de montagem, alterando assim o layout dos postos.

A linha de montagem, anterior a implementação do *kitting*, possuía três áreas de *Picking*, sendo elas:

- ✓ *Picking* 01;
- ✓ *Picking* 02;
- ✓ *Picking* 03;

Estas áreas de *Picking* são ilustradas no layout a seguir (figura 16):

⁷ AGV: Sigla em inglês para Veículo Guiado Automaticamente (*Automatic Guided Vehicle*).

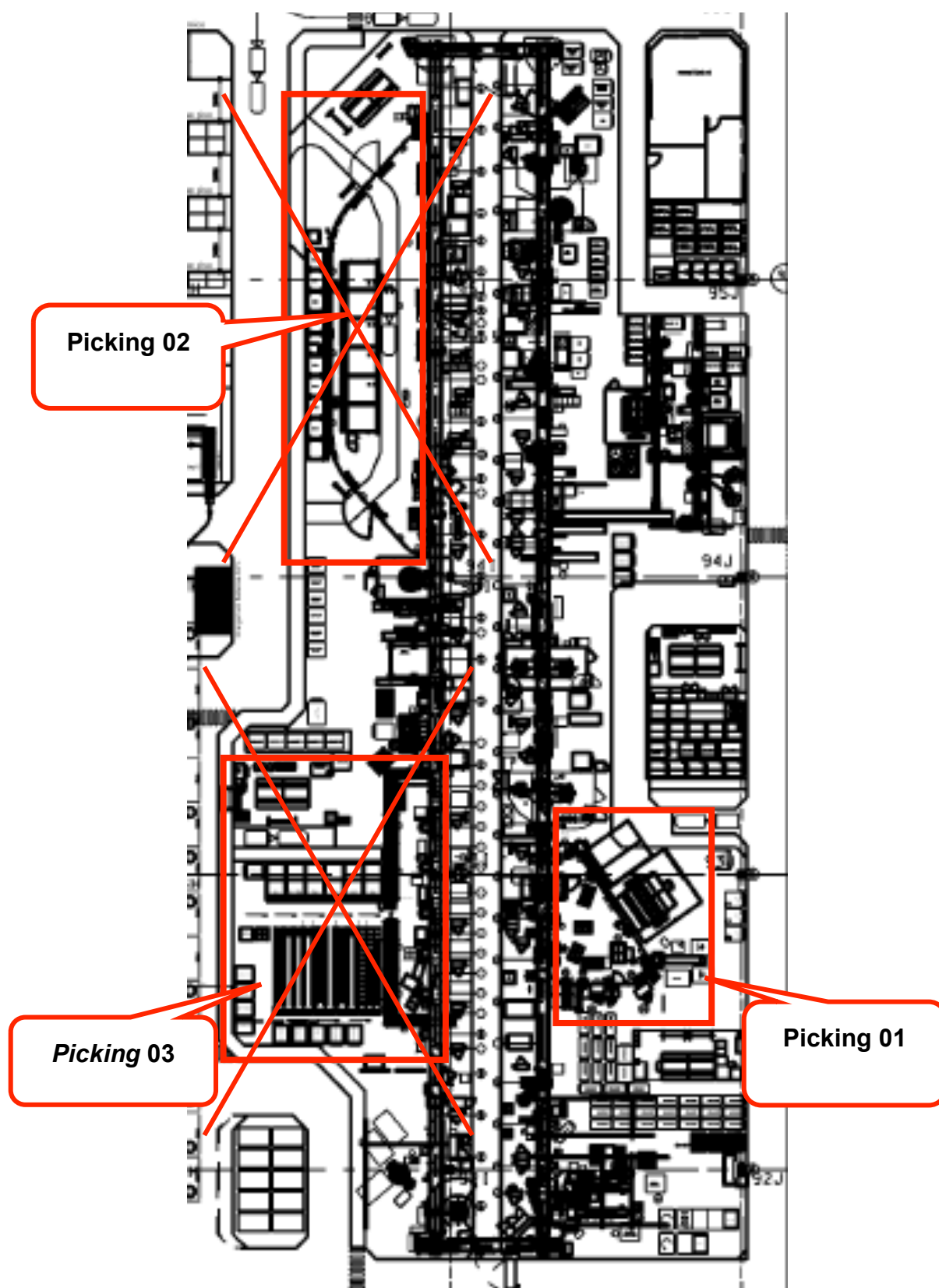


Figura 17 - Layout antigo da linha de montagem.
Fonte: Empresa estudada

Com essa modificação, o *Picking* 01 fornece apenas bielas e os demais *pickings* serão transferidos para a área indicada a seguir (Figura 18).

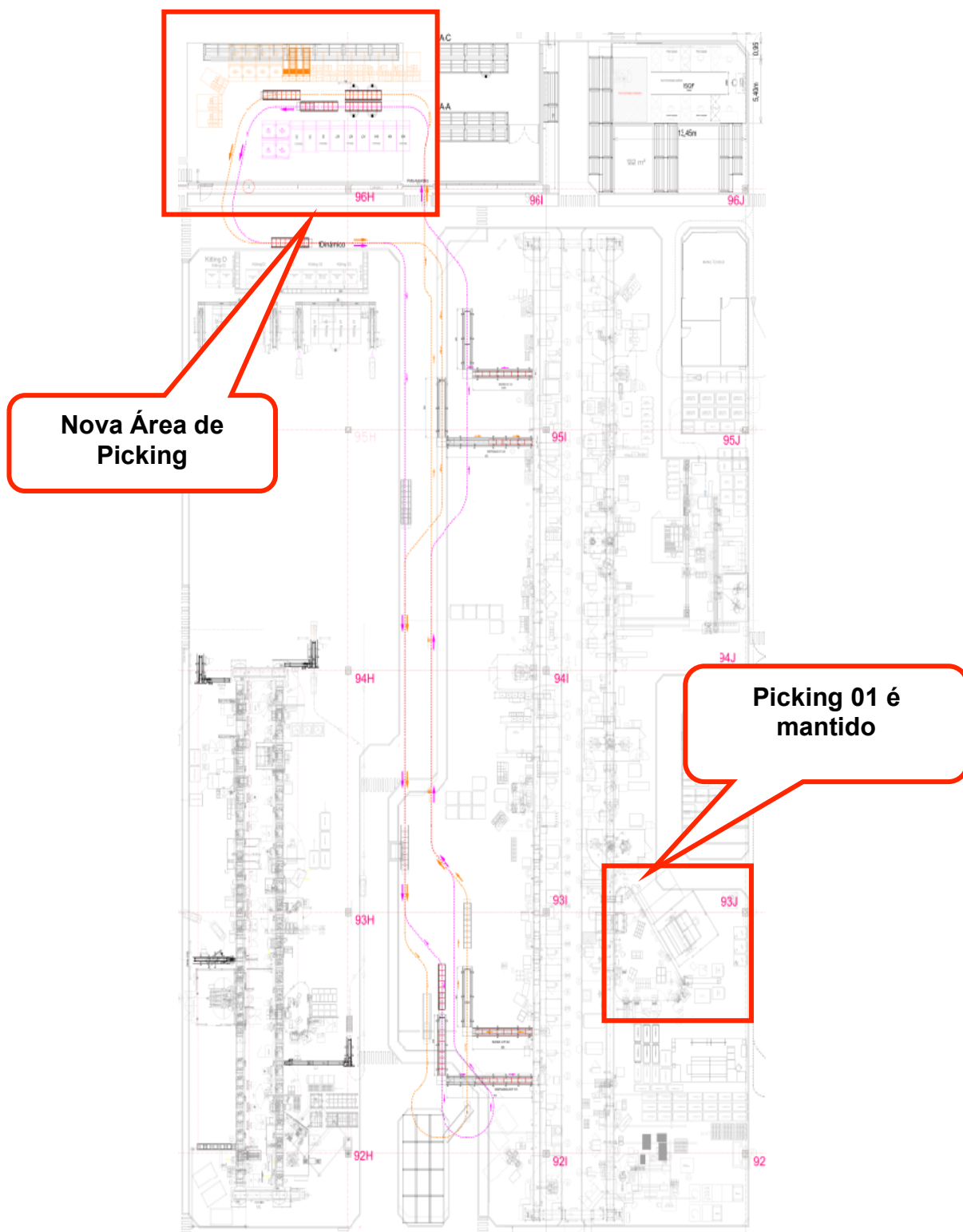


Figura 18 – Novo layout linha de montagem.

Fonte: Empresa estudada

4.3.1 Abastecimento da linha

O abastecimento da linha é feito por meio de um transportador autopropulsado (AGV), que transporta os kits preparados para alimentação da linha (Figura 19). A velocidade máxima do transportador é de 40 m/min e este transportam até oito caixas por viagem.



Figura 19: Transportador AGV com carrinho contendo 08 kits
Fonte: Empresa estudada

A linha conta com quatro (04) transportadores, sendo que dois (02) deles alimentam o trecho 01, dois (02) alimentam o trecho 02.

A rota do AGV é pintada no solo (Linha preta sobre uma faixa branca). O AGV se guia pela rota buscando o contraste no solo. Ou seja, a câmera do AGV se guiar sobre a faixa preta. Caso a faixa preta tenha alguma falha, interferência, ou algum material sobre a faixa, o AGV pode perder a rota e parar o deslocamento.

Por isso é de extrema importância a manutenção da rota, para evitar problemas no abastecimento dos kits com os AGVs. Ou seja, evitar a passagem de empilhadeiras, rebocadores, bases rolantes na rota do AGV.

A seguir destaca-se no layout (Figura 20) os circuitos dos AGV's que abastecem os trechos 01 e 02 da linha.

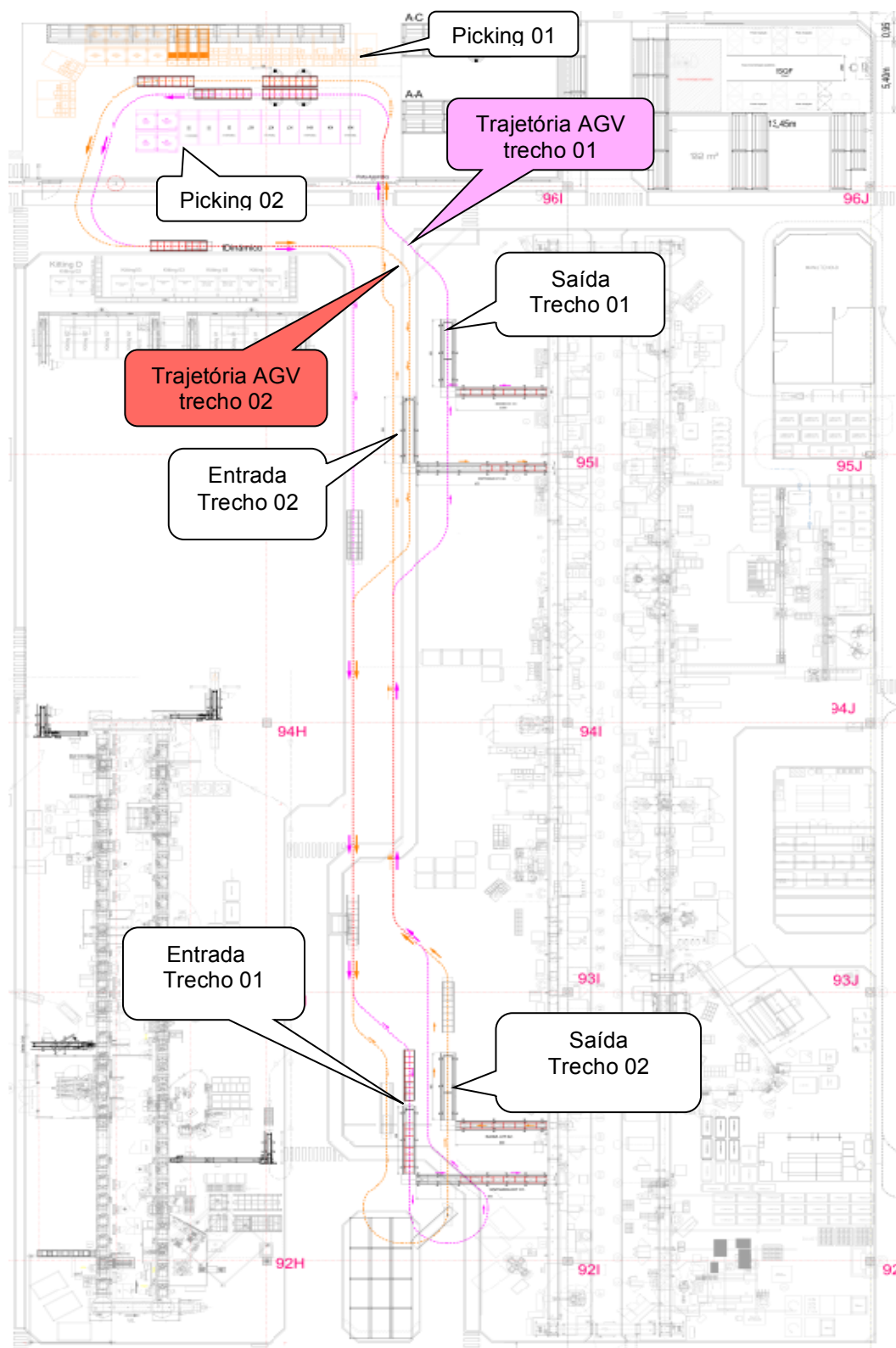


Figura 20 – Trajeto AGV's
Fonte: Empresa estudada

4.3.2 Montagem dos kit's

O sistema de *kitting* é composto de:

- Uma área de *Picking* (coleta das peças) contendo:
 - ✓ Prateleiras tubulares para abastecimento de PE (pequenas embalagens);
 - ✓ Bases rolantes para abastecimento de caixas GE (grandes embalagens);
 - ✓ Dois (02) postos de recebimento de ordens de fabricação;
 - ✓ Três (03) bancadas de preparação;
 - ✓ Duas (02) parafusadeiras pneumáticas;

- Um sistema de movimentação contendo:
 - ✓ Seis (06) carrinhos para movimentar as caixas do *Kitting* (Carrinho *Picking*), sendo três carrinhos para cada kit;
 - ✓ Quatro (04) AGV's para movimentação dos carrinhos; 200 caixas para transporte das peças (kits), sendo 100 para o kit 01 e 100 caixas para o kit 02;

- Modificação da linha de montagem, acrescentando:
 - ✓ Duas (02) esteiras de entrada (uma para trecho 01 e uma para trecho 02);
 - ✓ Duas (02) esteiras de saída (uma para trecho 01 e uma para trecho 02);
 - ✓ Suportes para caixas do *kitting* em todos os pallets de motores;

A área do *picking* funciona com uma quantidade de quatro (04) operadores por turno, sendo dois (02) operadores dedicados à preparação do kit 01 e dois (02) operadores dedicados à preparação do kit 02.

O *picking* é responsável por realizar o gerenciamento das diversidades de peças que são disponibilizadas em 02 kits diferentes:

- ✓ Kit 01 - Peças para abastecimento do trecho 01 (peças para montagem nos postos 60 a 166);
- ✓ Kit 02 - Peças para abastecimentos do trecho 02 (peças para montagem nos postos 172 a 280);

AGV traz um carrinho contendo 08 caixas de kit vazias, os operadores preparam as 08 caixas e quando os 08 kits estiverem prontos, operador empurra carrinho para a área de saída para que o próximo AGV que passar possa transportar essas caixas para a linha de montagem. O esquema de entrada e saída de kits na área de *picking* é mostrado a seguir (Figura 21).

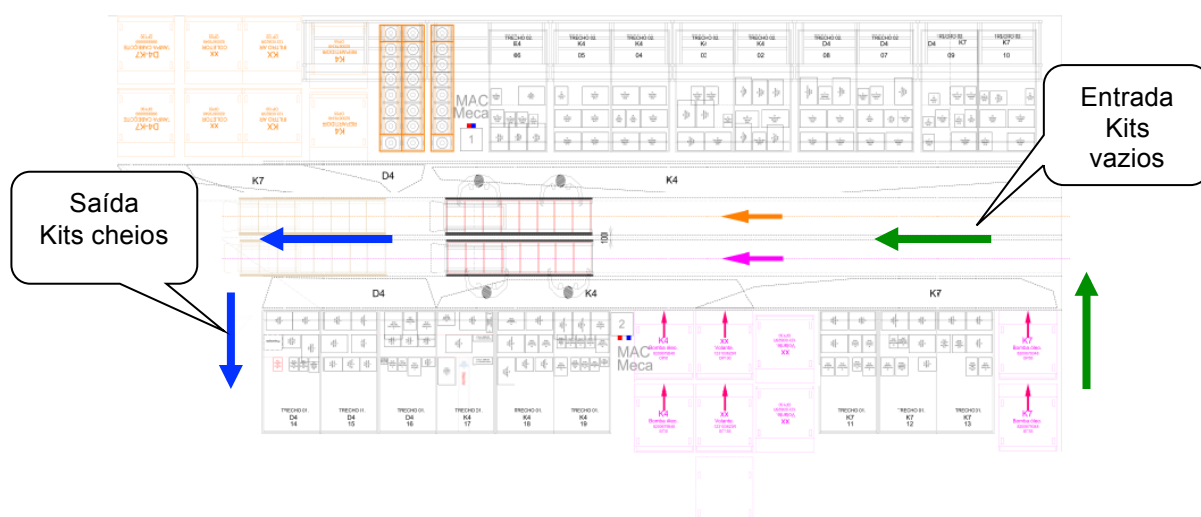


Figura 21 - Entrada e saída kits do *picking*.

Fonte: Empresa estudada

4.3.3 Posição e estado das peças

As peças são armazenadas dentro de uma caixa de metal contendo divisões internas para evitar o contato entre algumas das peças do Kit. A caixa fica sobre um carrinho que possui altura ideal de montagem das peças. Nesta caixa as peças possuem um local específico de armazenagem.

As dimensões aproximadas das caixas são indicadas a seguir (Figura 22):

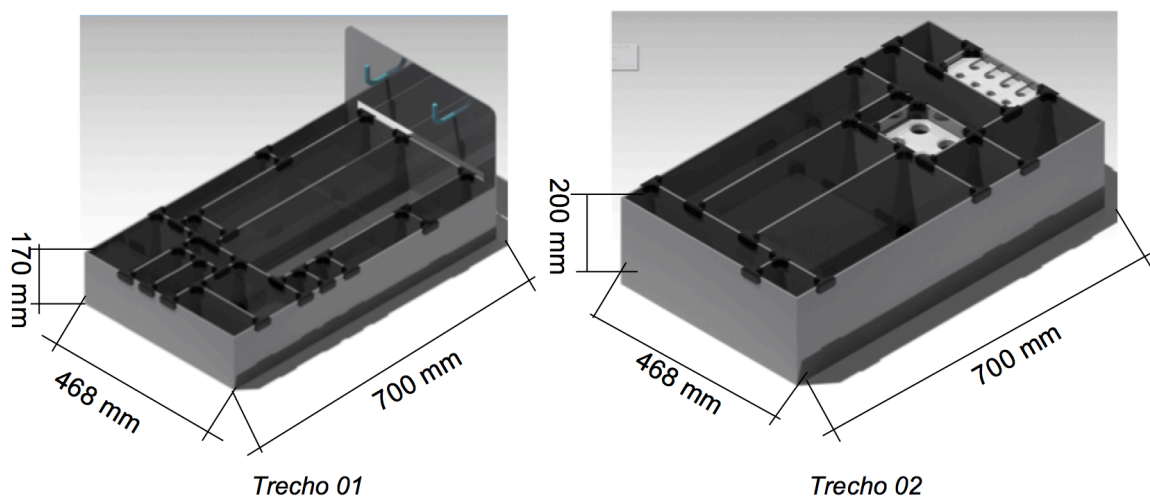


Figura 22 – Caixas kit's trechos 01 e 02.

Fonte: Empresa estudada

Os Kit's dos trechos 01 e 02 montados com suas respectivas peças podem ser vistos nas imagens a seguir (Figuras 23).

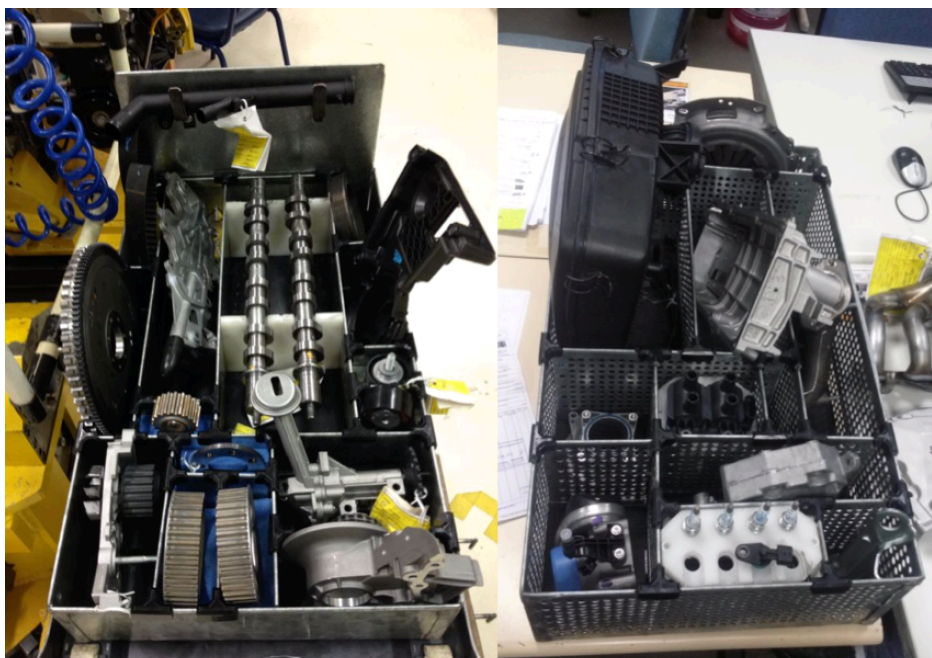


Figura 23 - Kit's trecho 01 e 02

Fonte: Empresa estudada

4.3.4 Fluxo de abastecimento

4.3.4.1 Modo de aprovisionamento de peças

As peças destinadas à montagem dos motores A, B e C na linha de montagem, são armazenadas na área de *picking* de duas formas ou na Borda da Linha:

- ✓ *Picking* - Prateleiras (flow racks⁸) para peças de menor volume (PE);
- ✓ *Picking* - Bases rolantes para as peças de grande volume (GE);
- ✓ BdL – Móveis posicionados na borda de linha.

A fim de otimizar o deslocamento dos operadores do *picking* para a montagem dos kits, as áreas de aprovisionamento destinadas aos motores A, B e C foram agrupadas da seguinte forma (Figura 23):

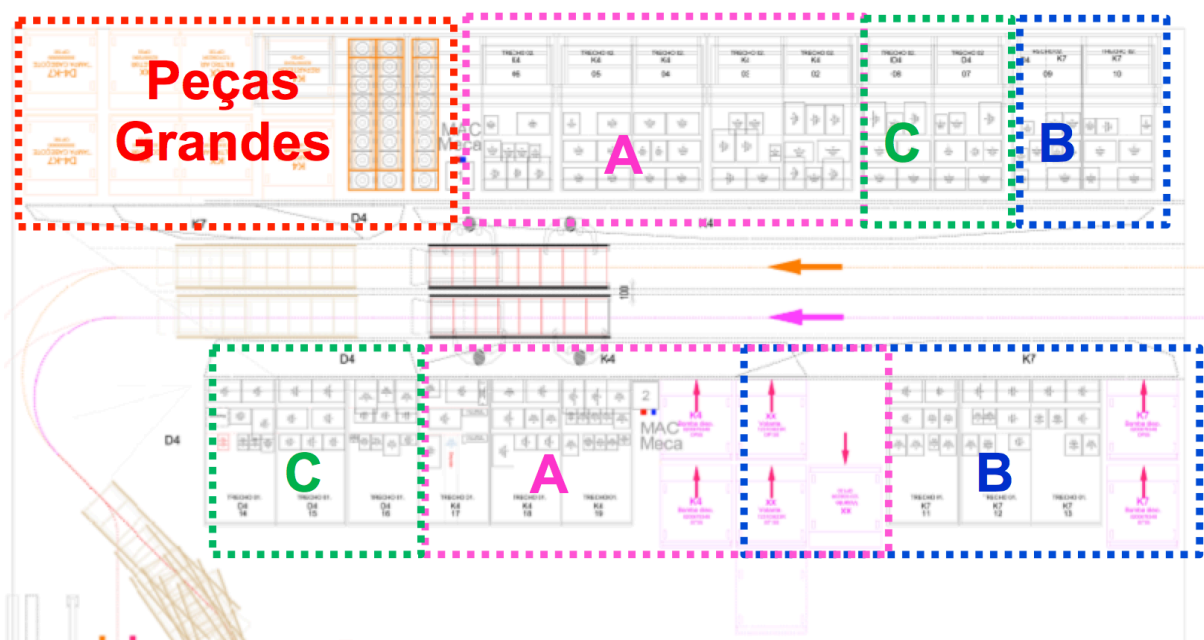


Figura 24: Diversidades no *picking*

Fonte: Empresa estudada

O abastecimento das peças tampas de cabeçote, coletor, filtro de ar, repartidor, bomba de óleo e volante é feito sobre bases rolantes inclináveis. No layout a seguir mostra-se a posição dessas bases (Figura 25).

⁸ Flow Rack: são estruturas feitas de trilhos roletados

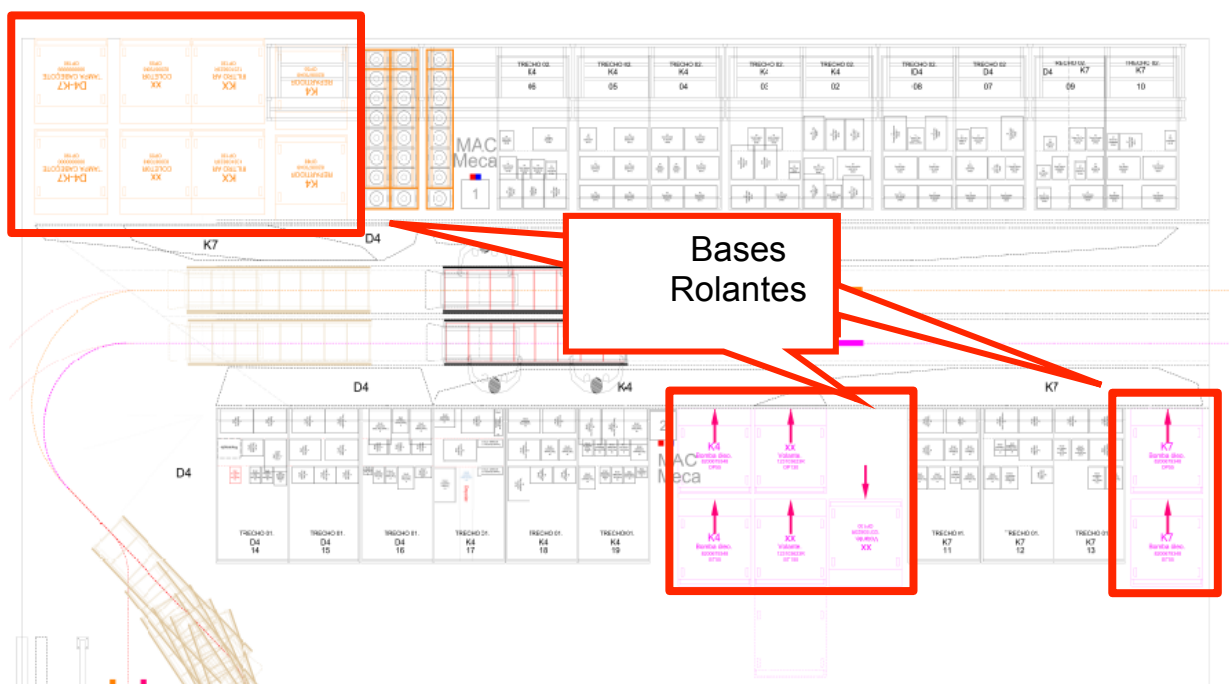


Figura 25 – Posicionamento das bases rolantes de abastecimento no *Picking*
Fonte: Empresa estudada

4.3.4.2 Abastecimento da linha de montagem

Após o acondicionamento do KIT montado sobre o carrinho do AGV, os kits devem ser movimentados para a esteira de entrada da linha de montagem.

O AGV passa por baixo da esteira e deposita os kits cheios nesta. Conforme indicado nas imagens a seguir (Figuras 26), essas caixas devem subir pela esteira (trecho 01 contendo correntes motorizadas – Figura 27) para que após, possam descer pela força da gravidade nos trechos 02 e 03 (Figuras 27 e 28)

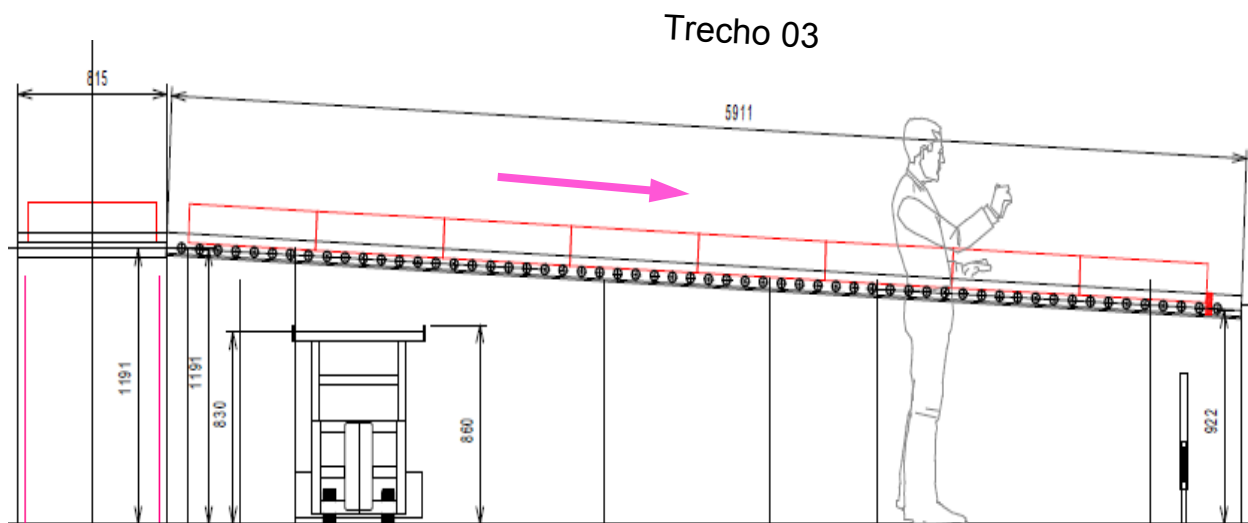


Figura 26: Esteira de entrada Kit 01 e 02 – Trecho 03.
Fonte: Empresa estudada

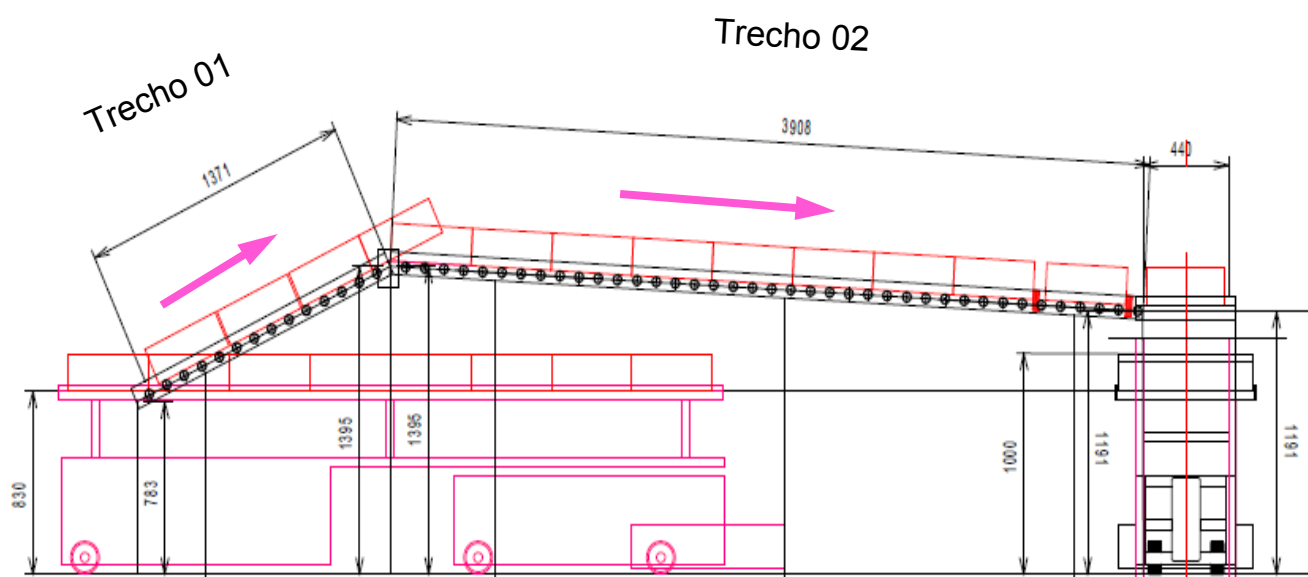


Figura 27: Esteira de entrada Kit 01 e 02 – Trecho 01 e 02
Fonte: Empresa estudada

As esteiras de entrada dos kits 01 e 02 comportam 21 caixas de kit cheias para entrada na linha de montagem. O fluxo e a disposição dessas caixas na esteira são ilustrados no layout a seguir (Figura 28).

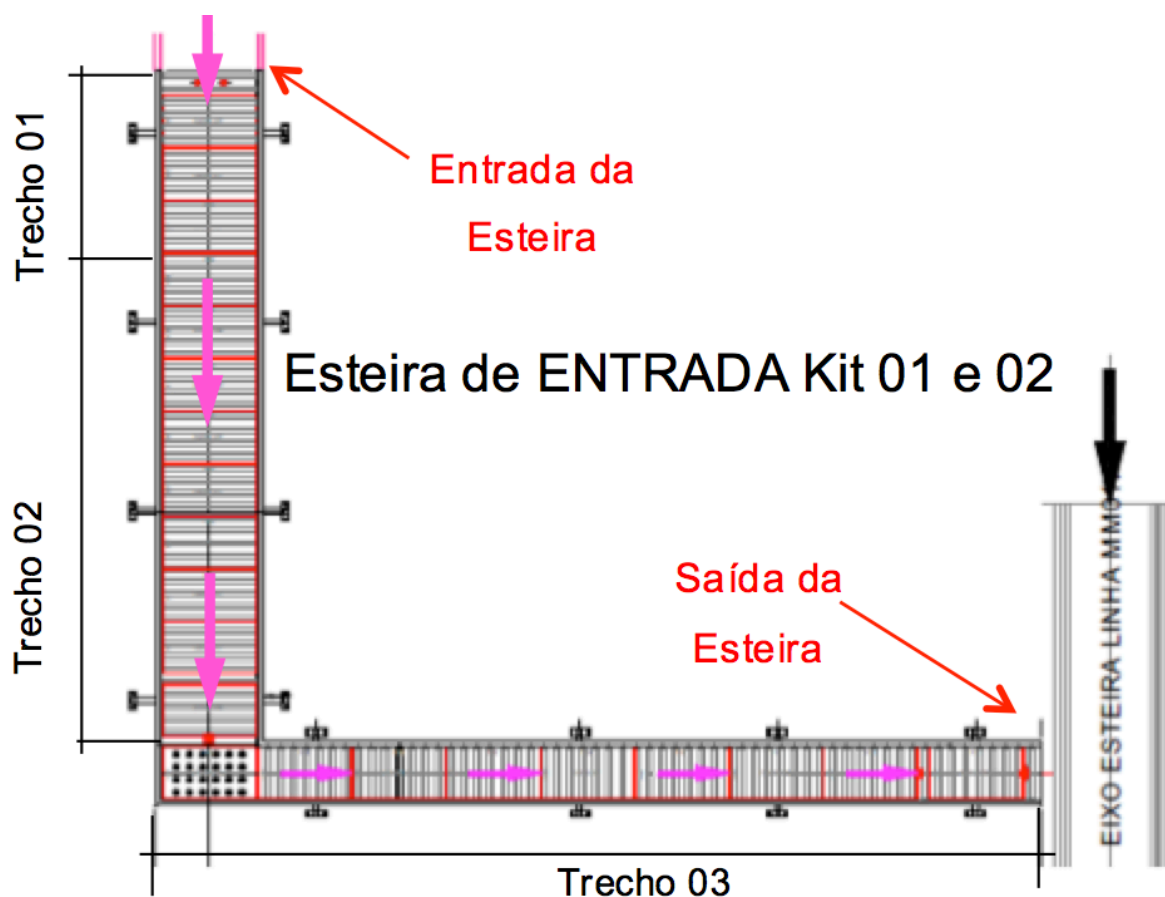


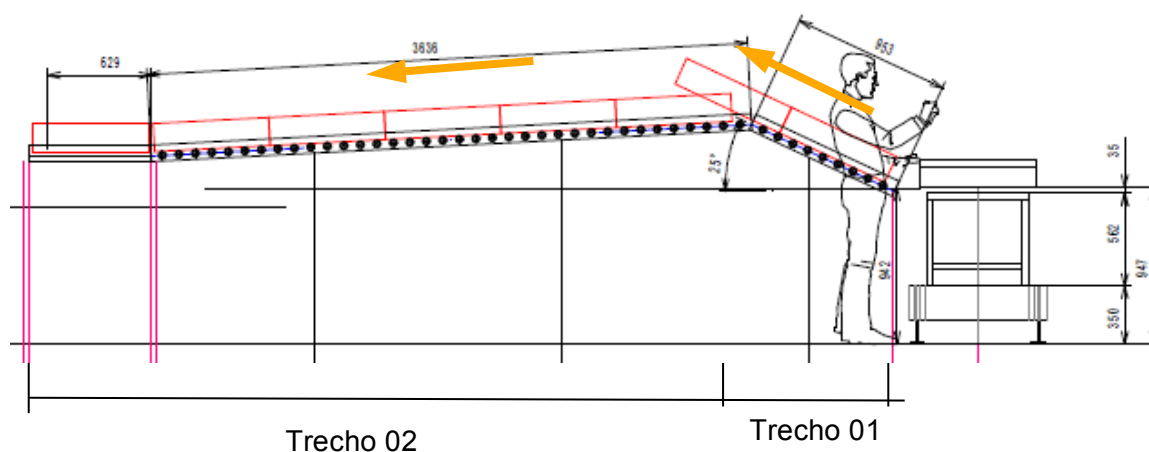
Figura 28 – Esteira de entrada Kit 01 e 02
Fonte: Empresa estudada

Os kits somente entram na linha de montagem, quando o motor correspondente ao kit estiver posicionado no posto de entrada. O conjunto entra na linha de montagem com a ajuda de um dispositivo pneumático e posicionado sobre um suporte indexado ao pallet. Após a entrada do kit no suporte do pallet, o posto libera o pallet motor que leva o kit junto a ele.

O transporte do conjunto sobre a esteira de saída é feito no início do trecho por meio de deslocamento de caixas. Ou seja, uma caixa empurra a outra (a esteira

tem inclinação para cima; as caixas são empurradas para uma altura mais elevada) até que esta chegue ao encontro com o segundo trecho (Figura 29).

Figura 29: Esteira de SAÍDA Kit 01 e 02 – Trecho 01 e 02
Fonte: Empresa estudada



Como as caixas foram deslocadas para uma altura mais elevada, no segundo trecho elas são deslocadas devido à inclinação da esteira, permitindo que o conjunto chegue até a extremidade da esteira e possam ser recolhidas pelo AGV (Figura 30).

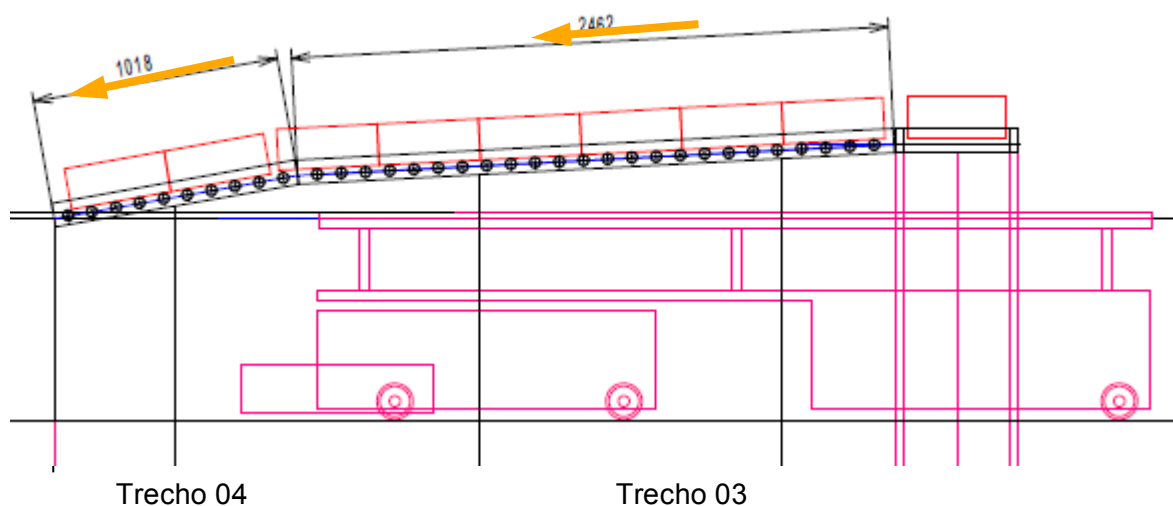


Figura 30: Esteira de SAÍDA Kit 01 e 02 – Trecho 03 e 04
Fonte: Empresa estudada

4.3.4.3 Reciclagem de embalagens duráveis vazias

Após a retirada de todas as peças do kit, a caixa vazia é retirada do suporte do pallet e posicionada na esteira de saída através de um dispositivo pneumático. As caixas vazias são retiradas da esteira de saída pelo AGV e transportadas para área do *picking*, onde serão reutilizadas para a montagem dos próximos kits;

4.3.5 Detecção, anti-erro, poka-yoke

As ordens de produção (para confecção do kit) são recebidas pelo painel do *Picking*. As peças que devem compor cada kit são indicadas ao operador por meio da luz da haste de validação posicionada no local de coleta das peças (embalagem).

As lâmpadas acesas indicam quais são as peças que devem ser coletadas das embalagens e posicionadas dentro da caixa. Para confirmar a coleta correta existe uma alavanca solidária a cada lâmpada (haste de validação). O operador ao retirar a respectiva peça confirma a coleta pressionando a alavanca, neste momento a lâmpada se apaga indicando que a coleta ocorreu de forma correta. A cada peça confirmada, sua respectiva referência fica verde no painel do *Picking*.

Em caso de coleta errada, um alarme sonoro e luminoso é gerado no painel do *picking*.

A fim de auxiliar a gestão da diversidade, as peças similares são armazenadas distantes umas das outras na área de *picking*.

4.3.6 Funcionamento do fluxo de informações

A montagem dos Kits é realizada por antecipação, criando-se desta forma após o *picking* uma fila FIFO⁹ de caixas, as quais são sincronizadas com seus respectivos motores no início da linha de montagem.

Essa fila FIFO de caixas contempla 80 kits preparados, o que significa que a antecipação é de uma (01) hora (aproximadamente), sendo bloqueada a alteração do filme de produção neste período.

O sistema integrado de produção recebe a informação do filme de produção e cria uma FIFO de motores para o painel do *Picking*. O sistema envia para o Painel do *Picking* a lista de todas as referências do kit a ser montado no *Picking*.

4.3.7 Funcionamento do *Picking*/Kitting

Em funcionamento normal a operação de *Picking*/Kitting segue às seguintes etapas:

- A informação do kit a ser montado chega ao Painel do *Picking* (Figura 31);

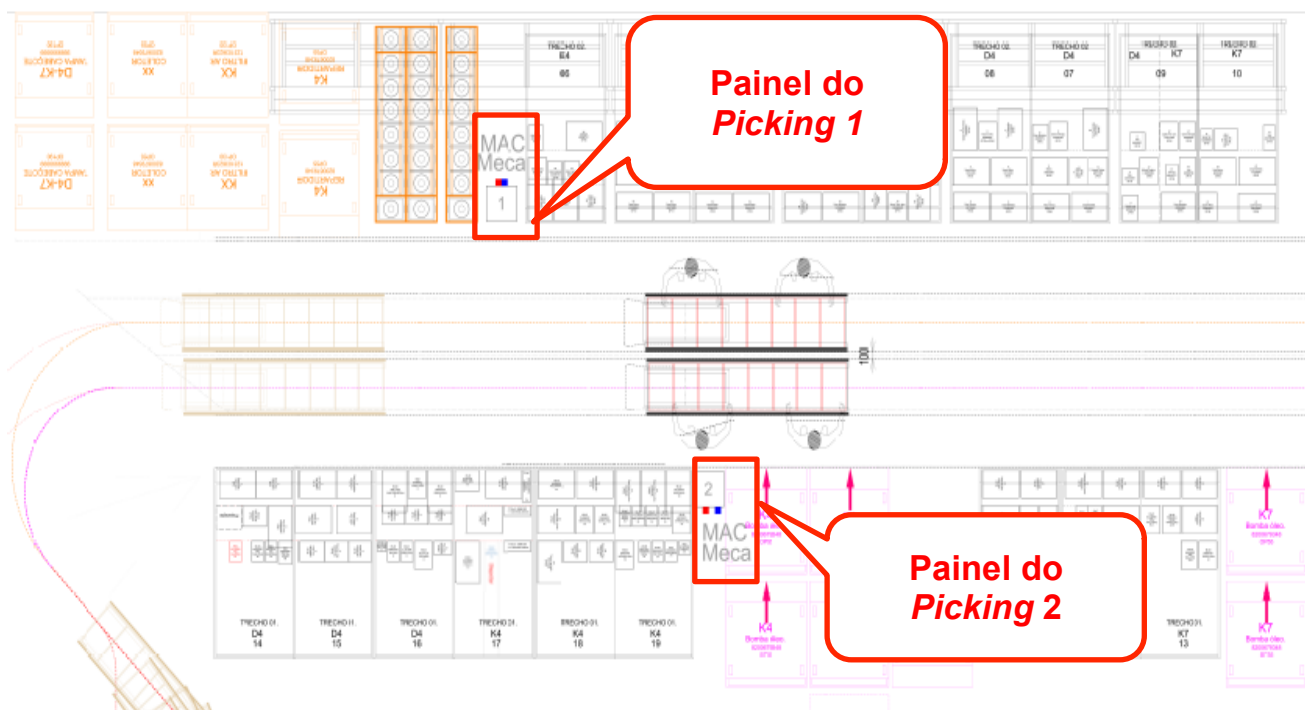


Figura 31: Painéis do *Picking* 1 e 2

Fonte: Empresa estudada

⁹ FIFO: Fisrt In First Out, ou primeiro a entrar primeiro a sair

- b) As lâmpadas das posições indicativas das peças a serem coletadas se acendem;
- c) AGV traz o carrinho com as caixas vazias;
- d) Operador pega a folha de impressão da Ordem de Fabricação (OF) e posiciona na primeira caixa do carrinho (Figura 32);

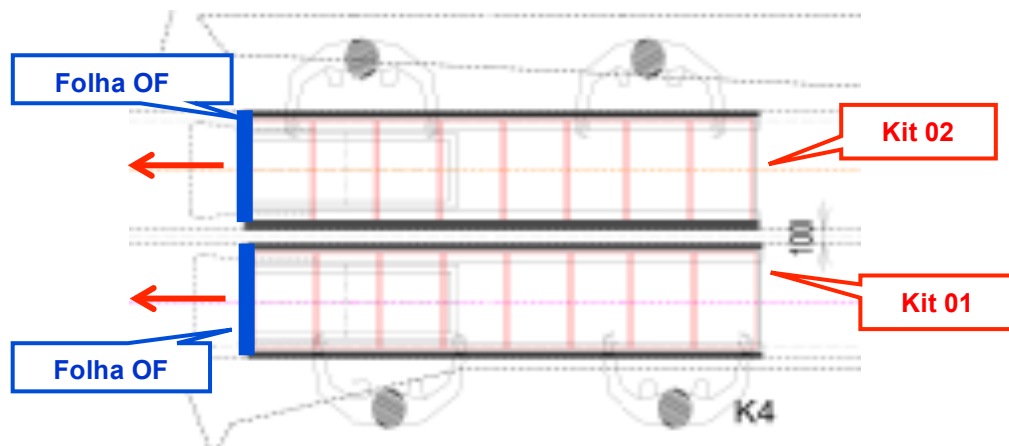


Figura 32: Posição da folha OF
Fonte: Empresa estudada

- e) Operador pega carrinho e posiciona conforme a diversidade de motor;
 - ✓ Para motores C, por exemplo, os carrinhos devem ser posicionados nos locais indicados a seguir (Figura 33).

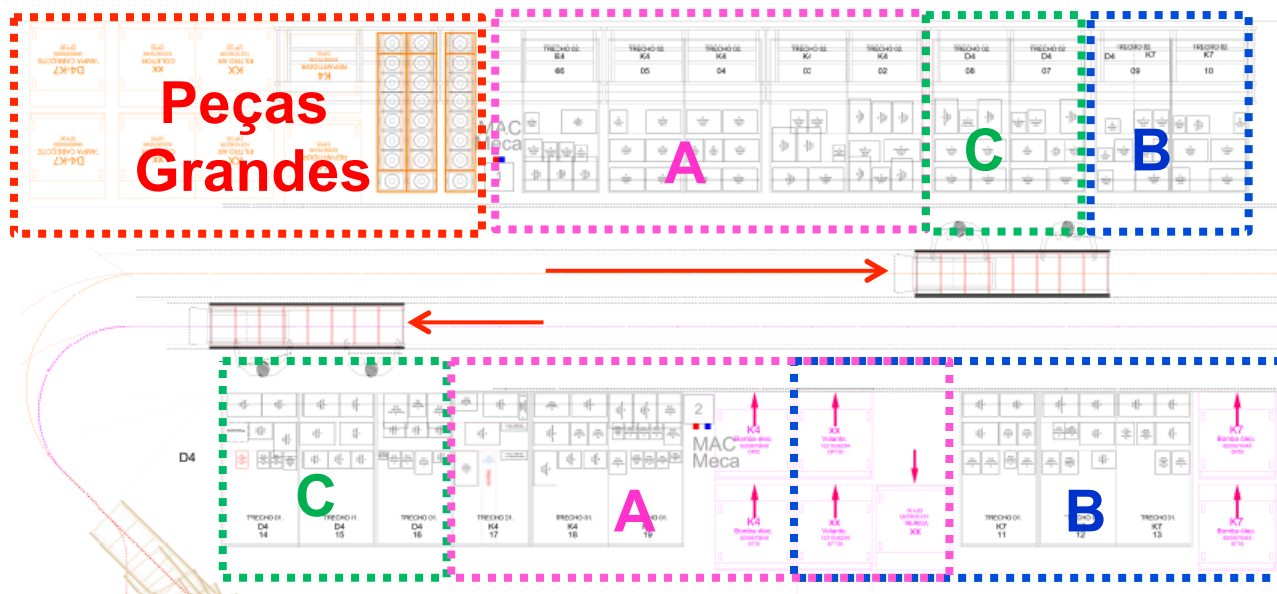


Figura 33 - Posicionamento dos carrinhos conforme diversidade.

Fonte: Empresa estudada

- f) Os operadores iniciaram a coleta das peças conforme indicação das lâmpadas dos móveis, a cada retirada de peças para uma OF o operador deverá confirmar pressionando a respectiva alavanca. A cada OF confirmada, sua respectiva referência fica verde no Painel do Picking;
- g) Após os kits estarem preparados, operadores posicionam os carrinhos para retirada do AGV. Os carrinhos são depositados na posição a seguir (Figura 34):

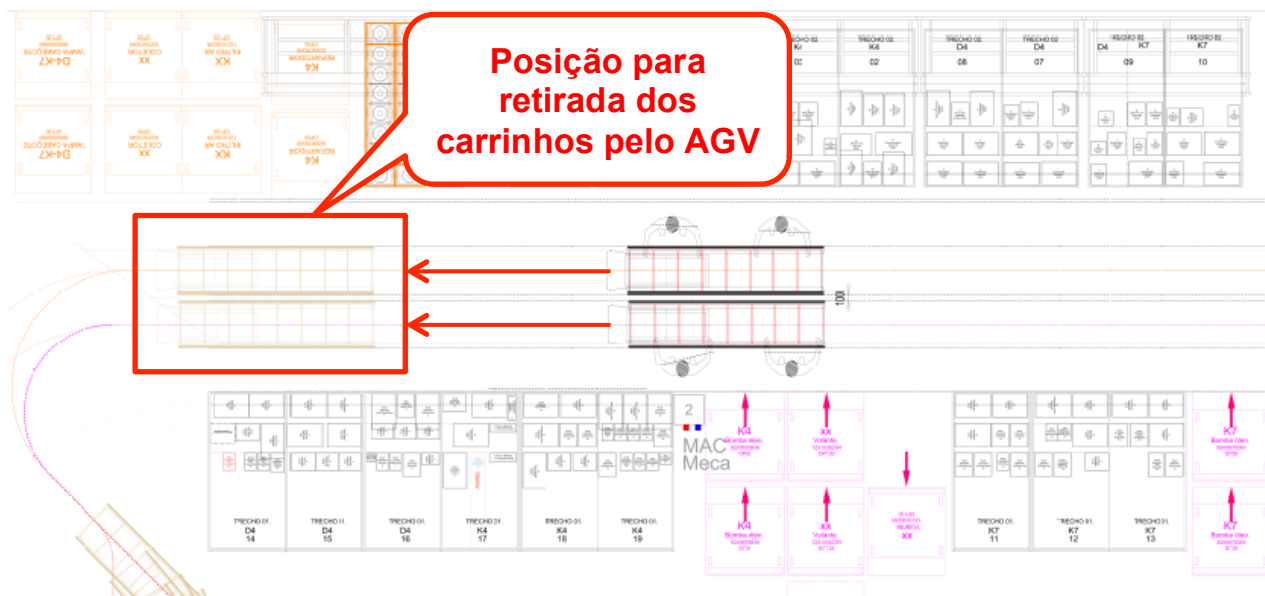


Figura 34 - Posição de saída dos carrinhos

Fonte: Empresa estudada

- h) Ao finalizar a montagem do kit, operador retorna ao posto para fazer as preparações necessárias e AGV transporta as caixas para alimentação da linha de montagem seguindo sempre a fila FIFO;
- i) Os carrinhos com o kit montado entrarão na linha, sincronizados com seu respectivo motor;
- j) Na montagem dos motores, os operadores dos postos impactados deverão pegar a peça a ser montada no KIT, sobre suporte do pallet (Figura 35), e montar no motor correspondente. Como não existe montagem de peças do kit até a OP60, o primeiro operador a utilizar peças do KIT será o do posto 60;

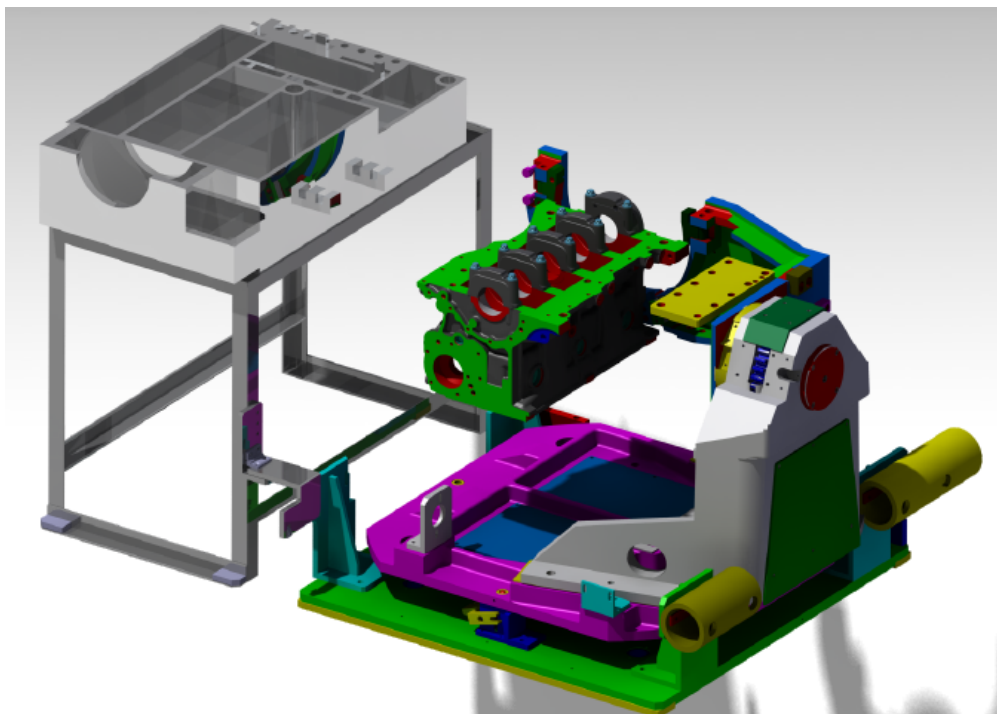


Figura 35 - Pallet com suporte e caixa do kit

Fonte: Empresa estudada

- k) Quando o kit estiver vazio, um dispositivo deverá fazer a retirada das caixas, depositando estas na esteira de saída para retornar a zona do *Picking*.

4.4 Indicadores

A fim de medir os resultados foram escolhidos 6 indicadores:

- I. Cadência de produção
- II. Custo relativo de fabricação
- III. Layout – taxa de ocupação
- IV. Nível de retrabalho
- V. Satisfação da equipe
- VI. Deslocamento do operador

Para cada um dos indicadores foi feita uma comparação entre antes e após a implementação da ferramenta *Kitting*.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Resultado dos indicadores

Com base nos indicadores avaliados chegou-se aos seguintes resultados.

5.1.1 Cadência de produção

Houve um aumento significativo na cadência de produção da linha de montagem de motores. Como pode ser visto no gráfico a seguir (Figura 36), onde junho não possui valor devido ter sido o mês de implementação.

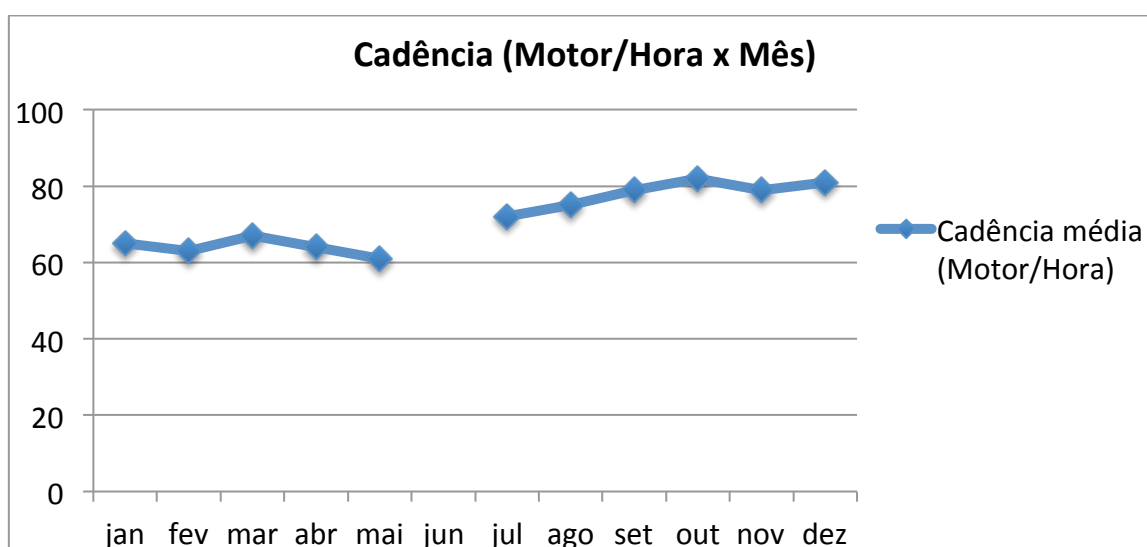


Figura 36 – Gráfico: Cadência Média/Hora x Mês.

Teve um aumento de 65 motores/hora para 80 motores/hora. Significando um acréscimo de cerca de 23% na cadência de produção.

5.1.2 Custo relativo de produção

Devido ao aumento de tempo de trabalho agregando valor ao produto, o fator de custo de mão de obra direto teve uma redução de cerca de 10%. Os custos totais se mantiveram aproximadamente os mesmos e como houve um aumento na produtividade e diminuição do retrabalho o custo relativo por motor produzido também foi reduzido.

5.1.3 Layout – taxa de ocupação

As mudanças de layout foram notáveis (Figuras 37 e 38).

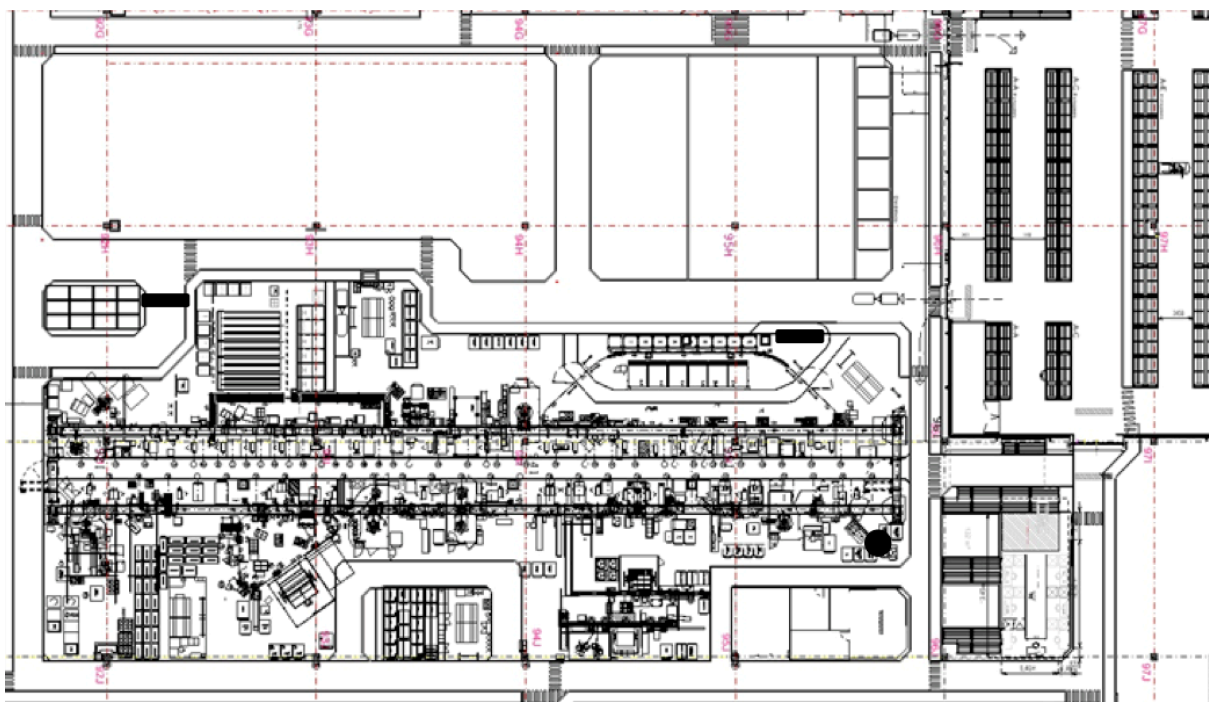


Figura 37 – Layout antigo.
Fonte: Empresa estudada

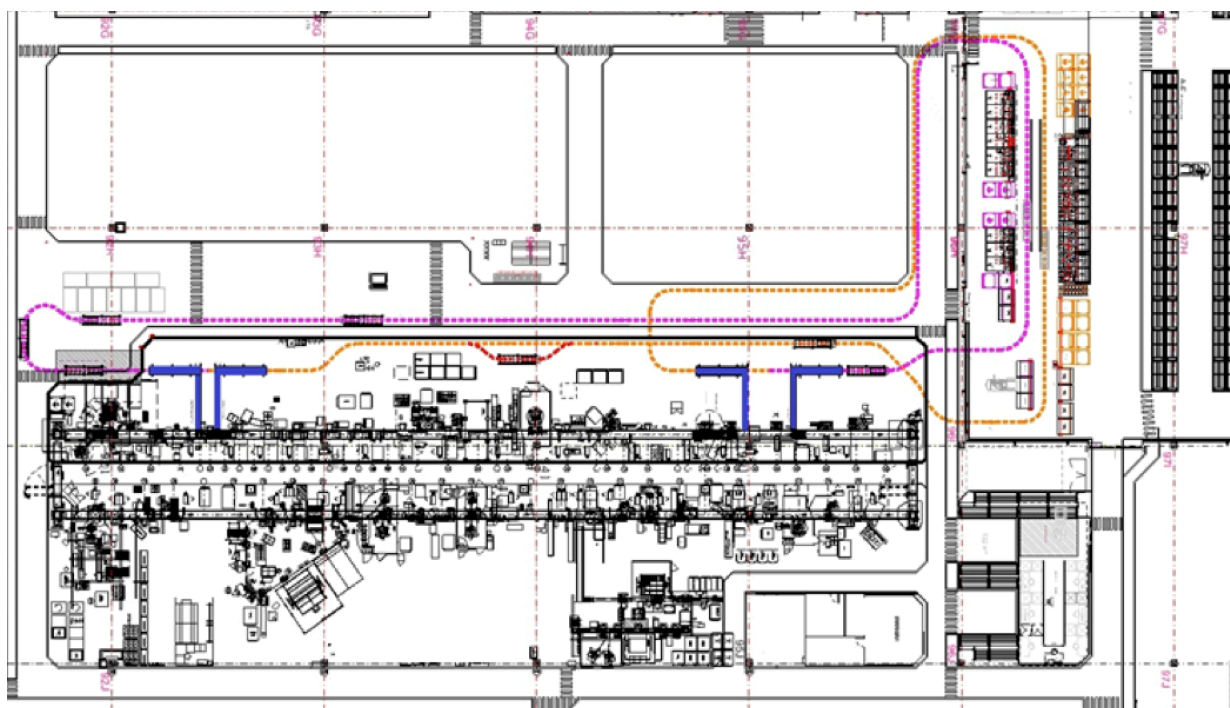


Figura 38 – Layout atual.
Fonte: Empresa estudada

Houve a liberação de espaço no chão de fábrica devido aos estoques de borda de linha terem sido removidos. A taxa de ocupação foi reduzida consideravelmente como pode ser visualizada nas imagens a seguir (Figuras 39-40).



Figura 39 - Ocupação anterior ao *Kitting*
Fonte: Empresa estudada

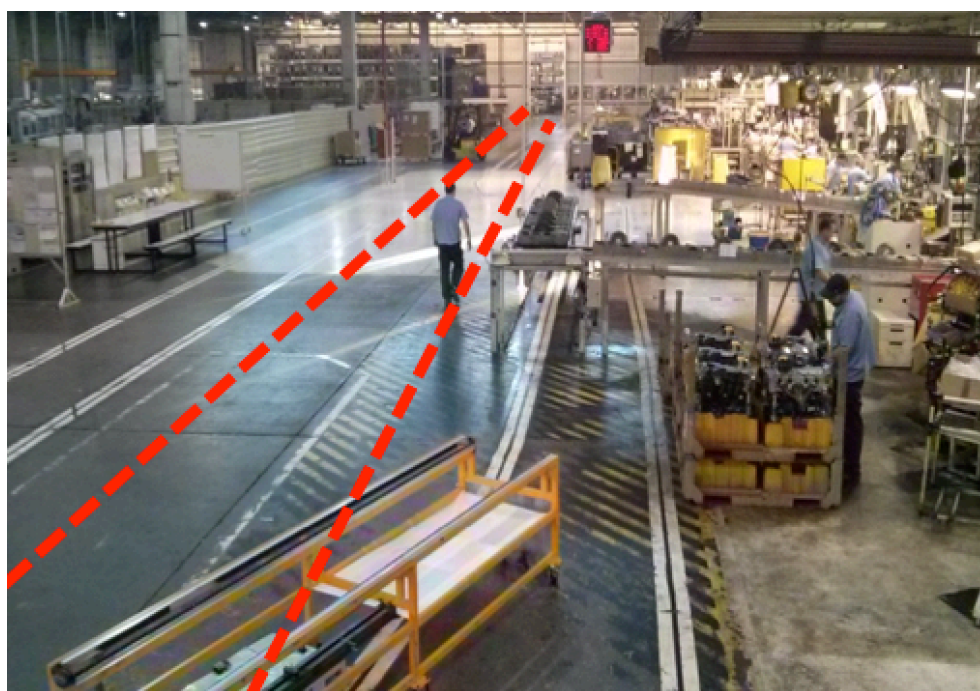


Figura 40 - Ocupação posterior ao *Kitting*
Fonte: Empresa estudada

5.1.4 Nivel de retrabalho

O *kitting* serve como um *Poka Yoke*, evitando que seja montada a peça de um motor em outro. Também aumentou a concentração do operador em realizar a montagem com precisão, pois agora ele não tem mais que identificar o motor e procurar a peça correspondente, o operador aplica quase que 100% de seu tempo agregando valor ao produto, ou seja, realizando a montagem. Dessa forma o nível de retrabalhos caiu cerca de 30%.

5.1.5 Satisfação da equipe

Foi feita uma pesquisa com os operadores da linha, através de questionários com relação a mudança no layout, ergonomia e ritmo de trabalho. O resultado foi positivo, pois apesar do aumento da cadencia de produção o layout novo e a ergonomia de trabalho facilitaram a montagem. A aprovação da mudança chegou a 80%.

5.1.6 Deslocamento do operador

O deslocamento do operador depende da operação que este realiza. Pode se dizer que relativamente todos as operação da linha de montagem tiveram seu deslocamento de operadores reduzidos. Por exemplo, um operador que os deslocamento representava 29% da sua atividade passou a se deslocar apenas 7% durante sua atividade, uma redução de mais de 4 vezes.

Portanto, evitando o desperdício de deslocamento os operários passaram a utilizar mais do seu tempo agregando valor ao produto.

5.2 Dificuldades na implantação

Devido a complexidade que envolve a aplicação da ferramenta *kitting* em uma linha, mesmo não havendo alteração na função de cada posto de trabalho, foi necessário fazer uma reconfiguração de toda a linha de montagem do motor.

A grande maioria dos postos de trabalho tiveram que passar por pelo menos uma alteração para receber o Kit juntamente com o motor. Segue as principais dificuldades encontradas:

- Distância entre postos: o espaço disponível entre alguns postos era menor que o necessário para o *pallet* de espera;
- Interferência entre trajetos de robôs e o kit: em operações robotizadas (aplicação de adesivos, aperto de parafusos, etc.) a trajetória do braço robótico tiveram de ser avaliadas e refeitas;
- Interferência entre prateleiras e o kit: prateleiras bloqueavam a trajetória do kit e/ou o acesso ao kit;
- Interferência entre grades e o kit: em curvas e entradas/saídas de áreas robotizadas;
- Interferência entre máquinas e o kit: em postos onde máquinas (pressas, testes de estanqueidade, etc.) são usadas, muitas vezes é necessário rotacionar o motor e de espaço em sua volta;
- Interferência entre operador e o kit: em algumas operações de montagem o kit dificultava o acesso de certas partes do motor e/ou do uso de ferramentas.

Essas dificuldades foram identificadas durante o planejamento e superadas na implementação. Deve-se lembrar que além dessas dificuldades também tem toda a logística envolvida em uma mudança de layout e sistemas operacionais para a sincronia de montagem de kit com as ordens de fabricação de motores da linha.

5.3 Futuras melhorias

Sempre é possível melhorar o processo e a empresa pode buscar a melhoria contínua otimizando a rota dos AGV's, reconfigurando os kit's, posicionamento das peças no *picking*, etc.

Um fator relatado por operadores, que precisa de melhorias, são as peças que chegam avariadas no momento da montagem. Foi identificado dois motivos para essas ocorrências: primeiro, devido a agilidade na hora da montagem dos kit's, muitas vezes as peças são jogadas no seu respectivo compartimento, dessa forma o impacto pode provocar as avarias; segundo, a vibração quando a pallet que suporta o kit esta parado em certos pontos da linha, devido a movimentação contínua da corrente guia.

Possíveis soluções:

- Alteração na caixa do kit, cobrir compartimentos críticos com material emborrachado;
- Ajuste no pallet e/ou no trilho nos locais de maior vibração.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em vista da crescente competitividade industrial, reduzir custos e desperdícios se torna necessário. A filosofia da produção enxuta vem ajudando as empresas a atingir tal objetivo. A ferramenta *Kitting*, fundamentada na teoria *Just in Time*, mostra-se promissora em proporcionar um ambiente *lean* na linha de produção por evitar os desperdícios.

Este projeto de pesquisa atingiu seus objetivos. Abordou-se as vantagens e limitações da ferramenta *Kitting*, por meio de revisão da literatura e indicadores do estudo de caso. Mostrou-se os requisitos e etapas necessárias para a aplicação do *kitting* e descreveu-se a implementação em uma fábrica de motores automotivos.

Os principais requisitos para a aplicação da ferramenta *Kitting* mostraram-se ser: um ambiente enxuto (*Lean*); referência das peças; sistema Kanban para sincronização; trabalho secundário para montagem dos kits; e planejamento.

O *kitting* tem diversas vantagens (ganho de espaço na borda de linha, aumento na produtividade, ergonomia, o operador aplica quase 100% do tempo em agregar valor ao produto, etc.) apesar disso é importante ressaltar a necessidade de analisar se é viável aplicá-la, se não existe uma alternativa mais simples (ex. *2-bin kanban*), pois a implementação da ferramenta *kitting* é complexa.

A implementação de um processo de montagem de kits sustentável leva um grande esforço. Se feito em grande escala é necessário tanto esforço financeiro como organizacional. Este estudo é até agora muito teórico; não muito teste foi feito. Então, a sugestão é implementar uma montagem de kits "piloto", ou seja, a montagem de kits em escala relativamente pequena para um tempo específico e, em seguida, avaliar os resultados.

REFERÊNCIAS

BOZER Y. A., MCGINNIS L. F. **Kitting versus line stocking: A conceptual framework and a descriptive model.** *International Journal of Production Economics* 28, p. 1-19. 1992.

BRYNZER H. **Evaluation of kitting systems- Implications for kitting system design** (Licentiate thesis). Gothenburg: Department of Transportation and Logistics, Chalmers University of Technology. 1995.

BRYNZER H., JOHANSSON M.I. **Design and performance of kitting and order picking systems.** *International Journal of Production Economics* 41, p. 115-125. 1995.

CARLSSON, Oskar; BJÖRN, Hensvold. **Kitting in a High Variation Assembly Line - A case study at Caterpillar BCP-E.** Master's thesis. Master Of Science Programme, Industrial Engineering and Management. Luleå University of Technology. 2007.

CHRISTMANSSON M.; MEDBO L.; HANSSON G.-Å; OHLSSON K.; UNGE Byström J.; Möller T.; Forsman M. **A case study of a principally new way of materials kitting- an evaluation of time consumption and physical workload.** *International Journal of Industrial Ergonomics* 30, p. 49-65. 2002.

CLETO, Marcelo G. **Planejamento e Organização da Produção.** Curitiba: 2008.

CORRÊA, Henrique L.; GIANESI, Irineu G. N. **JUST IN TIME, MRP II E OPT: Um Enfoque Estratégico.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 1996.

DING F. Y. **Kitting in JIT production: A kitting project at a tractor plant.** *Industrial Engineering*, p. 42-43. 1992.

DING F. Y.; BALAKRISHNAN P. **Kitting in Just-In-Time production.** *Production and Inventory Management Journal* 31(4), pp. 25-28. 1990.

FROEHLICH, Monte. **Kitting.** Disponível em:
< <http://www.midwestintermodaldistribution.com/services/kitting/>> Acesso em: 09 fev. 2015.

GHINATO, Paulo. **Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações**. Recife: Edit. da UFPE, 2000.

JIAO J.; TSENG M. M.; MA Q.; ZOU Y. **Generic bill-of-materials-and-operations for high variety production management**. Concurrent Engineering: Research and Application, p. 297-322. 2000.

JOHANSSON M.I. **Kitting systems for small parts in manual assembly systems**. In Pridham M. and O'Brien C. (Eds). Production Research Approaching the 21st Century , pp. 225-30. London: Taylor & Francis. 1991.

KUNDE, Wilson G. **Sistema de produção enxuta - um conceito ao alcance da pequena empresa**. 2009. Disponível em: <<http://app.pr.sebrae.com.br/blogs/posts/gestaoproducao?c=307>> Acesso em: 03 fev. 2015.

MEDBO L. **Assembly work execution and materials kit functionality in parallel flow assembly systems**. International Journal of Industrial Ergonomics 31, p. 263-281. 2003.

MONDAY, Kelcy. **What Are the Benefits of Kitting in Lean Manufacturing?** 2014. Disponível em: <<http://www.leancor.com/blog/kitting/>> Acesso em: 25 jan. 2015.

REDAÇÃO INDÚSTRIA. **O Conceito do Sistema Just in Time**. 2012. Disponível em: <<http://www.industriahoje.com.br/o-conceito-do-sistema-just-in-time>> Acesso em: 01 fev. 2015.

SCHWIND G.F. **How storage systems keep kits moving**. Material handling engineering 47(12), p. 43-45. 1992.

SELLERS C.J.; NOF S.Y. **Performance analysis of robotic kitting systems**. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing 6(1), p. 15-24. 1989.

SHINGO, Shingeo. **O Sistema Toyota de Produção – do ponto de vista da engenharia de produção**. 2. ed. São Paulo: Bookman, 1996.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SMALLEY, Art. **Toyota's New Material-Handling System Shows TPS's Flexibility.** 2009. Disponível em:
< <http://www.lean.org/Search/Documents/91.html>> Acesso em: 17 jan. 2015.

SMART CONSULTORIA. **7 Desperdícios na Produção – Quais são?** Disponível em: <<http://www.smartconsultoria.com/7-desperdicios-na-producao-quais-sao/>> Acesso em: 25 jan. 2015.

ZANELLA, Liane C. H. **Metodologia de estudo e de pesquisa em administração.** Florianópolis: SEaD/UFSC, 2009.